

Type de sol et taux de renouvellement de l'air : effets sur l'ambiance et sur les performances du porc à l'engrais

Patrick MASSABIE (1), Robert GRANIER (2)

(1) Institut Technique du Porc, Pôle Techniques d'élevage, 35651 Le Rheu

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

avec la collaboration technique du personnel de la station de Villefranche de Rouergue

Type de sol et taux de renouvellement de l'air : effets sur l'ambiance et sur les performances du porc à l'engrais

Deux essais portant chacun sur 192 porcs à l'engrais ont été conduits afin de déterminer l'effet du type de caillebotis et du taux de renouvellement sur les performances et l'état de santé des animaux. Un caillebotis fil métallique (CF) a été comparé à un caillebotis béton (CB) et deux débits d'air neuf (minimum et optimum) ont été mis en place selon un dispositif factoriel 2x2. Le débit minimum (DM) passe de 8 à 19 m³/h/porc entre 30 et 110 kg de poids vif. Le débit optimum (DO) évolue entre 15 et 50 m³/h/porc. La température et l'humidité relative ont été constantes et égales respectivement à 24 °C et 65 %. Les paramètres d'ambiance (gaz, poussières et germes) ont été mesurés. Les performances des animaux (I.C., GMQ) ont été relevés tout au long de l'essai. L'état sanitaire a été noté durant l'engraissement ainsi qu'à l'abattoir (pneumonie). Une notation des lésions au niveau des pattes a aussi été réalisée à deux reprises (70 et 105 kg). Les concentrations en gaz, ont été diminuées pour le traitement DO. Les poussières et les germes en suspension ont des teneurs plus élevées pour le traitement CB.

Les animaux du lot CB DO ont eu une consommation d'aliment supérieure de 5 % par rapport aux autres traitements ; ceci s'explique vraisemblablement par l'effet du type de sol et du débit d'air sur la température ressentie par les animaux.

L'état sanitaire n'a pas été affecté par le type de sol ni le taux de renouvellement de l'air.

Cependant, on a noté plus de lésions de type rougeur et érosion tégumentaire sur caillebotis fil.

Floor type and ventilation rate: effect on air quality and the performance of growing-finishing pigs

Two trials, each involving 192 growing-finishing pigs, were conducted to determine the effect of floor type and ventilation rate on pig performance and health status. Two air flow rates (minimum and optimum) and two floor types (concrete or iron slats) were compared in a 2x2 factorial experimental design. Minimum airflow rate (MR) varied according to pig live weight (between 30 and 110 kg) from 8 to 19 m³/pig/hour. The optimum rate (OR) varied from 15 to 50 m³/pig/h. Temperature (24°C) and relative humidity (65 %) were kept constant throughout the experiment.

Ambient conditions (gas, dust and germs) were measured. The performance of the animals was recorded throughout the trial period (weight gain and feed conversion ratio). The health status of the pigs was noted during fattening and at the slaughterhouse (pneumonia). Leg injuries were also noted on two occasions during the experiment (70 and 105kg).

The gas level was lowest for treatment OR, while dust and germ concentrations were highest for the concrete-slatted floor.

Feed intake was higher (5%) for the concrete-slatted floor and OR compared to the other treatments. This is probably explained by the effect of flooring and ventilation rate on the resultant temperature perceived by the pigs.

Health status was neither affected by type of flooring nor ventilation rate. However, the number of leg injuries (reddening and erosion of the hoof) was greatest for the iron-slatted floor.

INTRODUCTION

Plusieurs travaux ont mis en évidence une dégradation de la qualité de l'ambiance lorsque le taux de renouvellement de l'air est diminué. Les quantités de poussières et de germes dans l'air sont augmentées (CHOSSON et al, 1989 ; PHILLIPS, 1989). Nous obtenons des conclusions similaires dans nos précédents travaux (MASSABIE et al, 1994 ; 1996 ; 2004).

Par ailleurs, le type d'habitat et notamment le type de sol peuvent modifier la concentration en poussières. Les plus petites particules restent en suspension alors que les plus grosses ont tendance à sédimenter sur le sol ou sur les matériaux (HEBER et al, 1988 - DAWSON, 1990). On peut supposer que lorsque les animaux sont élevés sur caillebotis intégral, le rapport vide/plein du caillebotis peut avoir une incidence sur la quantité de particules en suspension dans l'air.

De plus, les conditions d'ambiance peuvent entraîner des altérations de l'état de santé des animaux et une dégradation des performances zootechniques. ROBERTSON et al (1990), ainsi qu'HAMILTON et al (1993) ont mis en évidence une relation entre la concentration en poussières et la rhinite atrophique.

Les performances de croissance peuvent aussi être affectées : baisse de la croissance (KEPHART et al, 1993) ou diminution de la prise alimentaire (MASSABIE et al, 1994 ; 1996).

Ainsi il nous est apparu intéressant de comparer les caillebotis fil et béton en engraissement, en fonction du taux de ventilation, sur le plan de la qualité de l'ambiance et des performances des animaux.

1. MATÉRIEL ET MÉTHODE

1.1. Bâtiment et équipements

L'expérimentation a été menée dans le bâtiment BIOCLIM de l'Institut Technique du Porc à Villefranche de Rouergue.

Ce bâtiment est constitué de quatre salles identiques, chacune étant divisée en 4 loges de douze animaux. Deux cases sont équipées d'une station d'alimentation permettant d'enregistrer les différents paramètres du comportement alimentaire (consommation d'aliment, nombre d'accès, durée d'occupation, vitesse d'ingestion). Le matériel utilisé a été décrit précédemment (MASSABIE et al, 1999). La ventilation est menée en surpression avec une entrée d'air par plafond diffuseur à section réglable et une extraction via une gaine placée sous le couloir central.

Chaque salle est climatisée de façon indépendante, ainsi, les paramètres climatiques fixés (température, hygrométrie et débit de renouvellement) sont maintenus constants. La régulation est assurée par un logiciel de supervision (MASSABIE et al, 1994).

1.2. Dispositif expérimental

Deux bandes de 192 porcs (P76xLWxLR), issus du même élevage naisseur et élevés en post sevrage à la station, ont

été mises en lots en fonction du sexe et du poids vif. Les animaux sont répartis dans les quatre traitements représentés chacun par une salle.

Le dispositif expérimental est de type factoriel (2x2). Deux salles sont pourvues de caillebotis béton de type engraissement et les deux autres de caillebotis métallique de type fil triangulaire. Pour chaque type de sol, le taux de renouvellement est soit optimum (15 à 50 m³/h/porc), soit réduit (8 à 19 m³/h/porc). La ventilation réduite est celle qu'il faudrait appliquer pour maintenir la température de la salle à 24 °C en période d'hiver. Le débit d'air neuf évolue par palier en fonction du poids vif des animaux (figure 1).

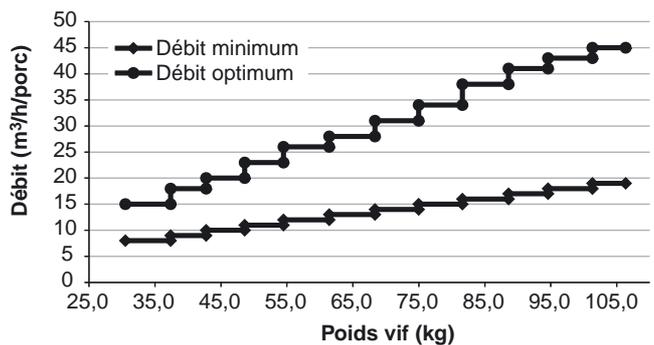


Figure 1 - Evolution du taux de renouvellement

Pour les quatre salles, l'humidité relative est maintenue à 55-60 % et la température ambiante est de 24 °C, ces paramètres étant maintenus constants tout au long de l'essai.

Un aliment granulé est apporté à volonté et il est formulé pour contenir 17,5 % de protéines, 1,0 % de lysine et 9,6 MJ/kg EN.

1.3. Variables mesurées

1.3.1. Sur l'ambiance

La température et l'hygrométrie de chaque salle sont enregistrées en continu.

Toutes les semaines, les concentrations en ammoniac et en dioxyde de carbone sont mesurées dans chaque salle à l'aide de tubes réactifs (Dräger CH20501 et CH23501). Ces mesures sont réalisées au centre de la salle à 1,00 m du sol.

La concentration en poussières dans l'air a été mesurée tous les sept jours. Ces mesures ont concerné la quantité totale et la répartition par classe des particules. Cette dernière mesure a été effectuée à l'aide d'un compteur (Met One 237 à 4 classes simultanées). Le nombre de germes présents en ambiance a aussi été déterminé tous les quatorze jours selon la méthode décrite par CHOSSON (1989).

1.3.2. Sur les animaux

Les porcs sont pesés individuellement à l'entrée en porcherie, puis tous les 14 jours jusqu'au départ à l'abattoir.

La quantité d'aliment distribuée par case est enregistrée chaque semaine. De plus, les quantités consommées sont enregistrées minute par minute via les automates de distribution pour la moitié des animaux. Toutes les semaines, un comptage de toux et d'éternuements, sur une période de trois minutes, est effectué pour chaque salle.

Les traitements vétérinaires réalisés sont aussi relevés.

Les blessures et des lésions cutanées au niveau des pattes sont notées à deux reprises sur la moitié des animaux vers 60 kg et avant le premier départ à l'abattoir selon le protocole décrit par COURBOULAY et al (2003).

A l'abattage, le poids de la carcasse chaude avec tête, sans langue, sans panne, et la teneur en viande maigre (T.V.M.) sont notés pour chaque porc. Il est réalisé également une notation des lésions pulmonaires, de 0 à 28, selon la grille établie par MADEC et DERRIEN (1981).

2. LES RÉSULTATS

2.1. Mesures sur l'ambiance

Les résultats étant semblables pour les deux essais, les valeurs présentées dans le tableau 1 sont les moyennes des deux expérimentations.

La température ambiante et l'humidité relative sont semblables pour les quatre traitements et conformes au protocole.

Pour les gaz, il y a une différence entre les salles soumises à des niveaux de ventilation différents, les valeurs étant doublées pour le débit minimum. Le type de sol, pour un même débit de ventilation, n'a pas d'effet sur les concentrations en ammoniac et en dioxyde de carbone.

Par contre, pour les germes en suspension dans l'air, il y a une incidence à la fois du type de caillebotis et du taux de renouvellement. Pour un même type de sol, il y a davantage de germes à débit minimum et par ailleurs, pour un même taux de renouvellement, le caillebotis béton présente des valeurs deux fois plus élevées.

En ce qui concerne les poussières totales en suspension dans l'air, il y a un effet type de sol à débit minimum, avec une valeur supérieure pour le béton (23 %). Il existe aussi une incidence du niveau de ventilation, mais uniquement pour les salles équipées de caillebotis en ciment.

Pour la mesure des classes granulométriques, globalement quelle que soit la taille des particules, la concentration est toujours plus élevée pour le caillebotis béton que pour le caillebotis fil. Mais cette différence n'est significative que pour la classe 1,0 µm. De la même façon, les salles à débit minimum présentent des valeurs plus élevées (20 à 30 %).

2.2. Performances zootechniques

Une analyse de variance (procédure GLM, logiciel SAS) a été réalisée avec les données des deux expérimentations en incluant l'effet essai dans le modèle. Pour les variables présentées dans le tableau 2, il n'y a pas d'effet significatif au seuil 5 % de l'essai, ni de l'interaction essai-traitement.

Ainsi, il apparaît une différence significative pour la croissance entre les traitements. Les porcs logés sur caillebotis béton avec une ventilation optimum présentent les performances les plus élevées. A l'opposé, les animaux sur caillebotis fil et à débit minimum ont le GMQ le plus faible. Les deux autres traitements ont des niveaux intermédiaires.

La différence observée sur la croissance est liée à l'augmentation de la prise alimentaire qui est significativement plus élevée pour les animaux ayant la plus forte croissance. Cette différence de consommation intervient essentiellement durant la phase de finition.

Il n'y a pas d'effet significatif du traitement pour la teneur en muscle et l'indice de consommation.

2.3. Sanitaire et lésions cutanées

Le relevé des traitements vétérinaires effectués tout au long de la période expérimentale montre une proportion plus importante d'animaux traités pour le caillebotis béton et un débit de ventilation minimum (tableau 3). Cette différence

Tableau 1 - Résultats sur l'ambiance

	Débit optimum Caillebotis béton	Débit optimum Caillebotis fil	Débit minimum Caillebotis béton	Débit minimum Caillebotis fil
Temp. °C (E.T.)	24,2 (0,83)	24,3 (0,86)	24,3(0,97)	24,5 (0,91)
H.R. % (E.T.)	59,0 (10,98)	65,7 (4,52)	59,2 (10,38)	66,8 (6,18)
NH ₃ ppm	6,6	7,5	16,8	15,1
CO ₂ %	0,17	0,17	0,23	0,25
Germes (nbre/l)	166	73	206	103
Poussières mg/m ³	1,88	1,95	2,15	1,65
Poussières nombre/l				
>0,3 µ	44637	42731	49030	47428
>0,5 µ	24536	22199	30931	26440
>1,0 µ	16146 ab	12910 b	21658 a	16416 ab
>5,0 µ	5794	4526	6939	5525

Tableau 2 - Performances zootechniques

	Débit optimum Caillebotis béton	Débit optimum Caillebotis fil	Débit minimum Caillebotis béton	Débit minimum Caillebotis fil	Test Statistique*
Poids début (kg)	30,5	30,5	30,5	30,5	N.S.
Poids fin (kg)	114,0	113,0	113,8	114,1	N.S.
GMQ P1-65kg (g/j)	915	901	895	896	S
GMQ 65-110 kg (g/j)	941 a	913 ab	924 ab	889 b	T, S
GMQ P1-110 kg (g/j)	925 a	904 ab	905 ab	890 b	T, S
TVM (%)	60,5	61,0	61,0	61,0	S
I.C. (kg/kg)	2,45	2,41	2,43	2,43	S
Consommation P1-65 kg (kg/j)	1,87	1,80	1,83	1,78	S
Consommation 65 kg-abattage (kg/j)	2,54 a	2,41 b	2,42 b	2,37 b	T, S
Consommation totale (kg/j)	2,27 a	2,16 b	2,18 b	2,14 b	T,S

* Effet significatif traitement (T), sexe (S) et interaction (T*S)

N.S. : non significatif seuil 5 %

Tableau 3 - Lésions cutanées et traitements sanitaires

		Débit optimum Caillebotis béton	Débit optimum Caillebotis fil	Débit minimum Caillebotis béton	Débit minimum Caillebotis fil
Pourcentage de porcs traités	Troubles locomoteurs	7,3 %	8,3 %	8,3 %	3,1%
	Toux	1,0 %	4,2 %	14,6 %	5,2 %
	Divers	3,1 %	3,1 %	3,1 %	3,1 %
	Total	11,5 %	15,6 %	26,0 %	11,5 %
Lésions pulmonaires à l'abattoir	Note moyenne/porc	0,42	0,29	0,39	0,29
	Note moyenne/porc atteint	1,56	1,80	1,64	1,42
	% de porcs avec note >3	4,9	2,5	3,7	1,2
Nombre de lésions moyennes par porc	Griffures	0,63	1,33	0,44	0,40
	Plaies	0,58	0,71	0,29	0,69
	Rougeurs - Erosions	1,90	4,73	1,71	4,82
	Total	3,10	6,77	2,44	5,91

Tableau 4 - Comportement alimentaire

Traitement	Débit optimum Caillebotis béton	Débit optimum Caillebotis fil	Débit minimum Caillebotis béton	Débit minimum Caillebotis fil
Nombre accès/porc	52,5 b	45,9 d	49,6 c	80,1 a
Temps/j/porc (min)	56,1 a	50,0 b	51,0 b	42,3 c
Durée accès (s)	68,8 b	75,1 a	71,0 a	33,7 c
Aliment/accès (g)	46,8 c	55,2 a	50,3 b	28,0 d
Vitesse d'ingestion (g/min)	42,0 b	43,8 b	45,6 b	51,6 a

Les valeurs d'une même ligne n'ayant pas une même lettre sont différentes au seuil 5 %

existe essentiellement pour la pathologie respiratoire. Toutefois, les notations de pneumonie réalisées à l'abattoir ne mettent pas en avant une salle par rapport à une autre.

Par ailleurs, le type de sol ne semble pas avoir d'incidence sur les problèmes locomoteurs.

Pour ce qui concerne les lésions au niveau des pattes, les observations effectuées montrent clairement une valeur plus élevée pour les deux salles sur caillebotis métallique. Cette différence est due à un nombre plus important de rougeurs

et d'érosions tégumentaires pour ces deux salles. Les deux autres critères plaies et griffures sont semblables pour les quatre traitements.

2.4. Comportement alimentaire

Le tableau 4 nous indique des différences significatives de comportement alimentaire entre les quatre traitements. Les écarts les plus importants concernent essentiellement les animaux sur caillebotis fil et soumis au taux de ventilation minimum. Ces porcs présentent, en effet, un nombre d'accès

journaliers au nourrisseur supérieur et dans le même temps une quantité d'aliment consommée par accès inférieure. La vitesse d'ingestion est aussi légèrement supérieure.

3. DISCUSSION

3.1. Qualité de l'ambiance

Conformément à nos travaux antérieurs sur le taux de renouvellement (MASSABIE et al, 1991, 1994, 1996) et en accord avec CARGILL et al (1999), l'application d'un débit de ventilation plus élevé se traduit par une baisse des polluants de l'air. Ceci est vrai pour les gaz, les germes et les particules en suspension.

Pour les poussières totales, l'effet du taux de renouvellement est présent uniquement pour le caillebotis béton. Ce phénomène peut s'expliquer par le fait que le caillebotis fil triangulaire, qui présente une surface pleine moins importante et surtout des lattes moins larges (1 cm au lieu de 8 cm), est en règle générale beaucoup plus propre.

Or les poussières, même si elles sont principalement d'origine alimentaire (d'après GUINGAND, 1994), proviennent également des fécès (bactéries, cellules épithéliales, aliments non digérés) et de la desquamation de l'épiderme des animaux. De ce fait, le caillebotis béton offre un support de sédimentation plus important, le mouvement des animaux contribuant à la mise en suspension des poussières. Ceci apparaît au niveau des particules dans l'air, notamment pour celles d'un diamètre supérieur à 1,0 µm.

Les teneurs en poussières totales, comprises entre 1,65 et 2,15 mg/m³ sont conformes à celles rapportées par LEMAY et al (2002).

Pour les germes présents dans l'air, les salles équipées de sol béton présentent systématiquement des concentrations plus élevées. Il semble que la présence d'une plus grande surface pleine souillée favorise la survie et la multiplication des micro-organismes présents en porcherie. Les valeurs obtenues sont du même niveau que celle rapportée par LEMAY et al (2002) de 5,1 log par m³ soit 126 germes par litre.

3.2. Performances zootechniques

Contrairement à nos travaux antérieurs (MASSABIE et al, 1996), les porcs placés en conditions dégradées sur caillebotis fil ne présentent pas d'altération des performances, notamment de la prise alimentaire. Ce résultat peut s'expliquer par une moindre dégradation de l'ambiance pour laquelle la teneur en ammoniac est moins élevée que lors des essais précédents. Par contre sur sol béton, il y a bien une réduction de la prise alimentaire de 5 % (90 g/j), valeur proche de celle obtenue (7 %) en 1996 (MASSABIE et al). La détérioration de l'ambiance est plus marquée sur ce type de sol notamment pour les poussières en suspension.

L'autre résultat important de cette étude est l'accroissement de la consommation spontanée d'aliment pour les animaux logés sur caillebotis béton. Pour les deux salles ventilées de

façon optimale, les porcs placés sur le sol béton ont accru leur ingéré de 110 g/j, cette différence intervenant essentiellement en phase de finition. Du point de vue purement thermique, les échanges entre le porc et le sol sont plus importants sur le caillebotis fil. Ainsi, la température ressentie par l'animal devrait être inférieure sur ce type de sol par rapport à un caillebotis béton.

Le résultat obtenu semble indiquer le contraire. Cet effet peut s'expliquer par une ventilation combinant extraction basse et couloir plein. Lorsque les porcs sont couchés, l'air passe autour d'eux avant de rejoindre la gaine d'extraction. La vitesse de l'air doit être plus élevée sur caillebotis béton dans la mesure où les surfaces de vide sont nettement inférieures à celles sur caillebotis fil. Ce phénomène s'accroît avec le poids des animaux ce qui expliquerait l'effet significatif obtenu en finition.

En considérant que chaque porc dispose de 0,7 m², la surface théorique de vide par animal est de 0,35 m² pour le caillebotis fil (50 %) et 0,11 m² pour le béton (16 %). La surface nécessaire au porc s'accroît en fonction de son poids vif ($S=0,034 PV^{0,66}$; ITP, 2000), il en résulte une diminution de la surface de vide permettant à l'air de sortir de la salle. Ceci doit engendrer une augmentation de la vitesse au niveau des fentes. Le calcul théorique peut être réalisé en tenant compte du débit de ventilation (figure 1). Les vitesses obtenues sont présentées sur la figure 2. Il apparaît qu'à partir de 65 kg, la vitesse pour le caillebotis béton dépasse 0,2 m/s valeur au-delà de laquelle il existe un effet dépressif sur la température ressentie (CLARK, 1981; MASSABIE et al, 2001). Sur le caillebotis fil cette situation ne se manifeste qu'après 80 kg.

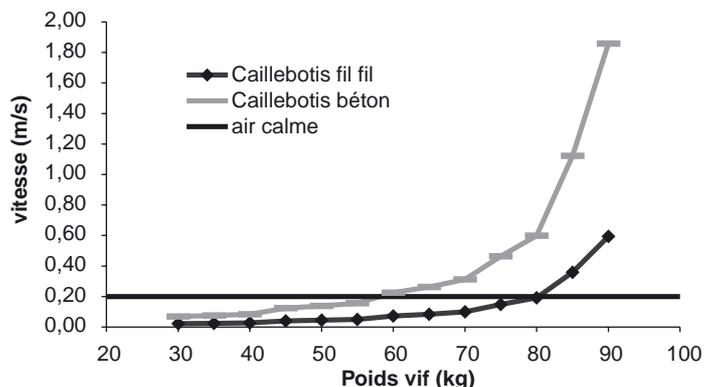


Figure 2 - Calcul de la vitesse d'air au niveau des fentes des caillebotis

3.3. Pathologies et lésions

Concernant la pneumonie, et en accord avec nos précédents travaux sur la qualité de l'ambiance (MASSABIE et al, 1996), la dégradation de l'air n'a pas entraîné d'effet sur les animaux. Il semble que lorsque l'état sanitaire initial est bon, des conditions d'ambiance dégradées n'entraînent pas d'augmentation de la pathologie respiratoire. Cependant, l'augmentation des traitements individuels constatés pour des symptômes de toux peut avoir masqué l'effet de l'ambiance mesuré uniquement sur la pneumonie à l'abattoir.

Pour les lésions au niveau des pattes, le sol métallique génère plus de rougeurs et d'érosion tégumentaire, mais cela n'entraîne pas de troubles locomoteurs.

3.4. Comportement alimentaire

Nous retrouvons, pour les porcs placés sur caillebotis fil, la même modification de la prise alimentaire que celle rapportée en 2004 (MASSABIE et al). Le nombre d'accès au nourrisseur est plus important, alors que par accès, la durée et la quantité d'aliment consommé sont inférieures. Ce changement de comportement alimentaire ne se retrouve pas sur caillebotis béton. Il se peut que ce phénomène soit occulté par la modification de l'environnement thermique évoquée précédemment.

Enfin, la vitesse d'ingestion est peu affectée et proche de celle rapportée par LABROUE et al (1996) et QUINIOU et al (1998).

CONCLUSION

Cet essai montre la difficulté d'évaluer l'effet de l'ambiance sur les performances des animaux. Dans nos conditions expérimentales, il ressort en effet, un impact du type de sol qui

occulte en partie la dégradation des performances. A l'opposé, l'effet du caillebotis mis en place peut passer inaperçu lorsque les conditions d'ambiance ne sont pas optimales.

Finalement, ce sont l'ensemble des conditions de logement du porc à l'engrais qui peuvent intervenir sur les performances zootechniques. Ainsi, le type de caillebotis a un effet sur la consommation d'aliment, vraisemblablement au travers de la température ressentie par le porc. Les animaux placés sur le sol béton ont une ingestion plus élevée de 110 g/j soit l'équivalent d'un abaissement de la température ambiante de 2,5 °C par rapport à 24 °C. De plus, pour des animaux placés à une température ambiante de 20 °C, ce phénomène serait certainement plus marqué. Par ailleurs, ce résultat mériterait d'être confirmé pour le stade de post sevrage où le non-respect des recommandations de température peut avoir des conséquences plus importantes qu'en engraissement.

Enfin, l'augmentation des teneurs des polluants de l'air semble avoir une incidence sur la prise alimentaire. Ce phénomène traduit une notion d'inconfort pour l'animal susceptible d'entraîner dans certaines situations sanitaires des altérations de performances plus importantes que celles obtenues dans nos conditions.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- CARGILL C., BANHAZI T., MASTERMAN N., 1999. The Effects of Ridge Vent Size on.
- Air Quality. Manipulating Pig Production VII. Ed Cranwell P.D., p35.
- CHOSSON C., LAPORTE E., GRANIER R., 1989. Journées Rech. Porcine en France, 21, 231-238.
- CLARK J.A., 1981. Environmental aspects of housing for animal production, London, Butterworths, 511 p.
- COURBOULAY V., BREGEON A., MASSABIE P., MEUNIER- SALAÛN M. C., 2003. Journées Rech. Porcine, 35, 163-170.
- DAWSON J.R., 1990. Minimizing dust in livestock buildings - Journal of Agric. Engineering Research., 47, 235-248
- GUINGUAND N., 1994. Les poussières en porcheries, ITP éd., Paris, 36 p.
- HAMILTON T.D.C., ROE J.M., TAYLOR F.G.R., PEARSON G., WEBSTER A.F.J., 1993. Int. Livestock Environment Symposium, IV, 895-903.
- HEBER A.J., STROK M., FAUBION J.M., WILLARD L.H., 1988. Transactions of ASAE, 882-887.
- I.T.P., 2000, Le mémento de l'éleveur de porc, ITP Ed., 374 p.
- KEPHART K. B., HUTCHINSON L., DRAKE T.R., 1993. Int. Livestock Environment Symposium, IV, 957-964.
- LABROUE F., SELIER P., GUEBLEZ R., MEUNIER- SALAÛN M. C., 1996, Journées Rech. Porcine en France, 28, 23-30.
- LEMAY S., CHENARD L., MACDONALD R., 2002, London Swine Conference, 2, 121-126
- MADEC F., DERRIEN H., 1981, Journées Rech. Porcine en France, 13, 231-236.
- MASSABIE P., GRANIER R., ROUSSEAU P., 1991. Journées Rech. Porcine en France, 23, 11-20.
- MASSABIE P., GRANIER R., ROUSSEAU P., 1994. Journées Rech. Porcine en France, 26, 63-70.
- MASSABIE P., GRANIER R., 1996. Journées Rech. Porcine en France, 28, 201-208.
- MASSABIE P., GRANIER R., QUINIOU N., 1999. Journées Rech. Porcine en France, 31, 125-131.
- MASSABIE P., GRANIER R., GASC A., 2001, Journ. Rech. Porc. en France, 33, 1-7.
- MASSABIE P., GRANIER R., 2004. Journées Rech. Porcine, 36, 396-402.
- PHILLIPS P.A., THOMSON B.K., 1989. Am. Soc. of Agric. Eng., vol. 32(5), 1807-1810.
- QUINIOU N., NOBLET J., LE DIVIDICH J., DUBOIS S., LABROUE F., 1998, Journées Rech. Porcine en France, 30, 319-324.
- ROBERTSON J.F., WILSON D., SMITH W.J., 1990. Anim. Prod., 50, 173-182.