

Incidence d'un faible débit de ventilation sur la qualité de l'air, l'état de santé et les performances zootechniques du porc à l'engrais élevé à 24°C

P. MASSABIE, R. GRANIER

*Institut Technique du Porc
Station Expérimentale - Les Cabrières, 12200 Villefranche de Rouergue*

Incidence d'un faible débit de ventilation sur la qualité de l'air, l'état de santé et les performances zootechniques du porc à l'engrais élevé à 24 °C

Incidence d'un faible débit de ventilation sur la qualité de l'air, l'état de santé et les performances zootechniques du porc à l'engrais élevé à 24 °C

Deux taux de renouvellement de l'air ont été comparés sur des porcs à l'engrais maintenus à température et hygrométrie constantes, égales respectivement à 24 °C et 70 %. Les débits d'air neuf, fixés pour une période, ont évolué en fonction du poids des animaux. Pour un traitement, le débit passait de 5 à 16 m³ par heure et par porc entre 25 et 105 kg de poids vif. Pour l'autre traitement il a évolué entre 15 et 40 m³. Pour un même taux de renouvellement, les animaux ont été soumis à deux conduites alimentaires (alimentation rationnée et ad libitum).

Les paramètres d'ambiance (température, humidité relative, gaz, poussières, germes) ont été mesurés. L'état sanitaire a été noté durant l'engraissement (comptage de toux et d'éternuements, enregistrements des traitements vétérinaires), ainsi qu'à l'abattoir (pneumonie). Les performances des animaux (GMQ, I.C.) ont été relevées tout au long de l'essai.

L'application d'un taux de renouvellement faible s'est traduite par une dégradation de la qualité de l'ambiance : augmentation des teneurs en CO₂ et NH₃, apparition d'H₂S, valeurs plus élevées pour les poussières et les germes en suspension. Ceci n'a pas eu d'effet sur l'état de santé des animaux. Nous n'avons pas observé d'incidence sur l'indice de consommation.

Cependant en alimentation ad libitum, la consommation spontanée d'aliment a été plus élevée de 7 % (160 g/j) pour les animaux placés dans des conditions de débit élevé.

Effect of low ventilation rate on air quality, health and zootechnical performance of growing-fattening pigs at an ambient temperature of 24°C

Two air replacement rates were compared using growing-fattening pigs under constant temperature and hygrometric conditions, 24°C and 70% respectively.

Air flow rate, fixed for a period, varied according to pig liveweight (between 25 and 105 kg). For the first treatment, the flow rate varied from 5 to 16 m³ per pig per hour and for the second, it varied from 15 to 40 m³ /pig/h. Under similar conditions of air replacement rate, the pigs received two feeding programmes (restricted and ad libitum).

Ambient conditions were measured (temperature, hygrometry, gas, dust and germs). The health condition of the pigs was noted during fattening (coughing and sneezing and veterinary treatments) and at the slaughterhouse (pneumonia). The performance of the animals was recorded throughout the trial period (weight gain and feed conversion).

Ambient air quality was worse with the low air replacement rate : increased gas levels (CO₂, NH₃ and H₂S) were detected, higher levels of airborne dust and germs were also found. Health conditions were not affected. Feed conversion was not affected by treatment.

However, when pigs were given feed ad libitum, food consumption was 7 % higher (160 g per day) for animals housed in rooms with a high ventilation rate compared with the low ventilation rate.

INTRODUCTION

Plusieurs expérimentations menées à la Station de l'I.T.P. à Villefranche de Rouergue ont mis en évidence une dégradation de la qualité de l'ambiance lorsque le taux de renouvellement de l'air est diminué. Les taux de CO₂ et de NH₃, les quantités de poussières et de germes dans l'air sont augmentés (CHOSSON et al., 1989). Ces conclusions sont aussi obtenues par PHILLIPS en 1989.

De plus, dans certains cas, la détérioration des paramètres d'ambiance entraîne une augmentation de la pathologie respiratoire. ROBERTSON et al. (1990), ainsi qu'HAMILTON et al. (1993) mettent en évidence une relation entre la concentration en poussières et la sévérité de la rhinite atrophique. De même, l'augmentation des taux d'ammoniac, de germes et de poussières dans l'air se traduit par des lésions pulmonaires plus importantes (MASSABIE et al., 1991), (ROBERTSON, 1992 et 1993).

Par ailleurs, un essai, mené avec une température et une hygrométrie ambiantes contrôlées, a montré une diminution de la consommation spontanée d'aliment des porcs soumis au taux de renouvellement le plus faible (MASSABIE et al., 1994).

C'est pourquoi la présente étude a pour but de préciser, outre l'effet de la dégradation de l'ambiance sur l'état de santé et les performances zootechniques du porc, son incidence sur la prise alimentaire. Dans ce cas, le taux de renouvellement faible retenu en début d'engraissement est le débit d'équilibre nécessaire pour maintenir 24°C en ambiance avec une température extérieure de 0°C (pertes par les parois : 1,3 W/porc/°C).

1. MATÉRIEL ET MÉTHODE

1.1. Bâtiment et équipements

L'expérimentation a été menée dans une porcherie de la Station Expérimentale de l'I.T.P. à Villefranche de Rouergue de mars à juin 1994.

Il s'agit d'un bâtiment sur caillebotis intégral, divisé en 4 modules identiques de 8 loges de 6 porcs. Le maintien des paramètres climatiques fixés (température, humidité relative) est assuré indépendamment pour chaque module. Une description plus détaillée de cette porcherie figure dans une étude présentée en 1994.

1.2. Schéma expérimental

Cent quatre vingt douze porcelets issus d'une même unité de naissance ont été élevés en post-sevrage à la Station. Ils ont été mis en lots à l'entrée en engraissement en fonction de leur sexe et de leur poids.

Quatre loges de 6 mâles castrés et 4 loges de 6 femelles ont été constituées pour chaque traitement.

Une salle représente un traitement. Pour un même taux de

renouvellement, correspondent 2 modules pour lesquels les animaux sont soumis à 2 conduites alimentaires.

L'aliment, présenté sous forme granulée, est soit apporté à l'auge en 13 repas par semaine selon le plan de rationnement ITP-ITCF modifié, soit distribué à volonté au nourrisseur. Dans le premier cas, les animaux reçoivent 3220 Kcal d'EN à 25 kg et après une augmentation progressive, ils sont plafonnés à 5060 Kcal d'EN à 75 kg. Pour l'ad libitum, les porcs disposent d'aliment en permanence.

Deux aliments sont utilisés :

- un aliment croissance (4,8 g de lysine/1000 kcal EN) de 25 à 65 kg
- un aliment finition (4,1 g de lysine/1000 kcal EN) de 65 kg à l'abattage.

Le débit de ventilation évolue en fonction du stade physiologique des animaux, mais reste constant pour une période donnée (figure 1).

Pour un traitement, le taux de renouvellement passe de 5 à 16 m³ par heure et par porc entre 25 et 95 kg de poids vif. Ces valeurs permettent de maintenir 24°C en ambiance en conditions hivernales (température extérieure égale à 0°C). Dans l'autre cas, le débit évolue de 15 à 40 m³ par heure et par porc.

1.3. Variables mesurées

1.3.1. Sur les animaux

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

Les consommations d'aliment sont enregistrées journalièrement pour les animaux rationnés. Un bilan de la consommation réelle est effectué toutes les semaines pour les porcs alimentés à volonté.

Tous les 14 jours, des comptages de toux et d'éternuements sont réalisés durant 3 minutes dans chaque salle.

L'ensemble des traitements vétérinaires apportés aux animaux est noté.

À l'abattoir :

- relevé du poids de la carcasse chaude avec tête et du taux de muscle (F.O.M.)
- notation des lésions pulmonaires selon la grille établie par MADEC (1981). Chaque lobe est noté de 0 à 4 (absence de lésion à plus des 3/4 du lobe atteints), soit une note globale comprise entre 0 et 28.

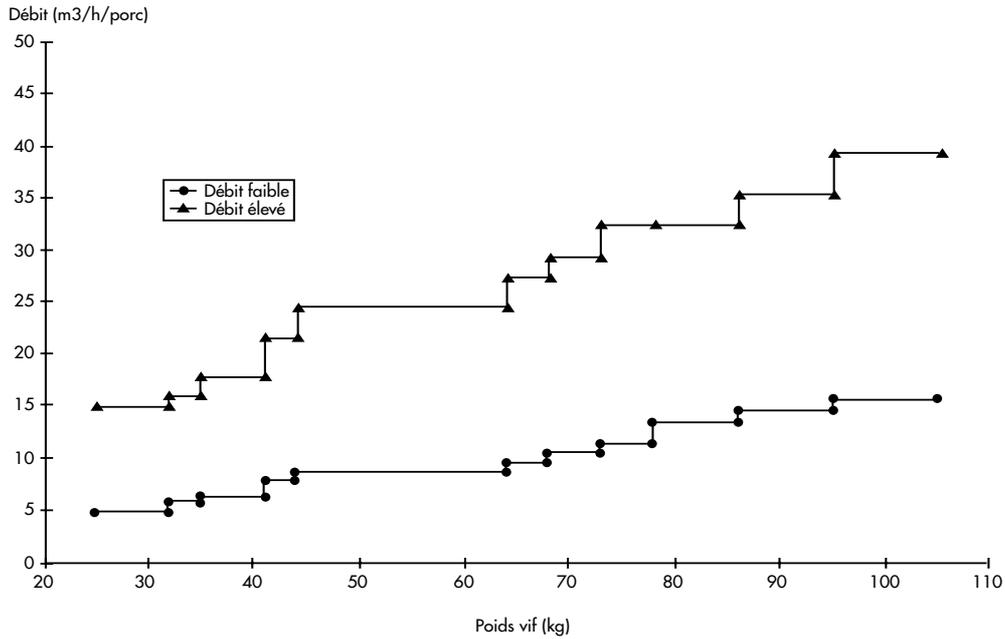
1.3.2. Sur l'ambiance :

La température et l'hygrométrie de chaque salle sont enregistrées en continu par l'intermédiaire du logiciel de supervision.

Les sondes utilisées pour la mesure de l'humidité relative sont de type capacitive (mesuris réf. HUB - 0 à 100 % avec une précision +/- 2 % dans la plage 5/90 %).

Pour la température, il s'agit de sondes thermocouples

Figure 1 - Évolution du t aux de renouvellement en fonction du poids vif



type K (précision +/- 0,2°C entre 0 et 40°C).

Les concentrations en ammoniac, dioxyde de carbone et hydrogène sulfuré sont mesurées dans chaque salle, toutes les semaines. Les mesures sont réalisées au centre de la salle à 1,00 m du sol, à l'aide de tubes réactifs Draeger.

La concentration en poussières totales et le nombre de germes présents dans l'air ont été mesurés tous les 7 jours selon la méthode décrite par CHOSSON en 1989.

1.3.3. Contrôle des débits

Pour chaque salle et à chaque changement du taux de renouvellement, le débit global est contrôlé par la mesure de la vitesse d'air au niveau du caisson de climatisation à l'ai-

de d'un appareil portatif de type Solomat, relié à une sonde anémométrique à fil chaud (précision ± 5 % de la valeur lue).

2. LES RÉSULTATS

2.1. Mesures sur l'ambiance

Les valeurs de température et d'humidité relative à l'intérieur de chaque salle sont semblables pour l'ensemble des modules, tant en phase de croissance qu'en période de finition (tableau 1). Les moyennes sont obtenues en prenant un point toutes les 15 minutes.

Tableau 1 - Résultats sur l'ambiance

	Salle 1 Débit élevé Alim. ad lib	Salle 2 Débit élevé Alim. ration.	Salle 3 Débit faible Alim. ad lib	Salle 4 Débit faible Alim. ration.	Débit faible	Débit élevé	Alimentation ad libitum	Alimentation rationnée
Phase 25-60 kg								
Temp. °C (E.T.)	24,6 (0,79)	24,5 (0,79)	24,8 (0,99)	24,3 (0,85)	24,6 (0,95)	24,6 (0,79)	24,7 (0,90)	24,4 (0,82)
H.R. % (E.T.)	73,7 (3,10)	70,4 (4,56)	80,5 (4,14)	75,4 (4,43)	78,0 (4,97)	72,1 (4,24)	77,1 (4,98)	72,9 (5,15)
NH ₃ ppm	9,8	5,4	25,4	15,2	20,3	7,6	17,6	10,3
CO ₂ %	0,24	0,25	0,42	0,39	0,41	0,25	0,33	0,32
H ₂ S ppm	0,0	0,0	0,4	0,4	0,4	0,0	0,2	0,2
Poussières mg/m ³	2,44	3,36	2,81	3,63	3,22	2,90	2,63	3,50
Germes 10 ⁴ /m ³	16,4	22,1	30,3	38,4	34,4	19,3	23,4	30,3
Phase 65-105 kg								
Temp. °C (E.T.)	25,3 (0,47)	25,1 (0,31)	25,9 (1,09)	25,4 (0,87)	25,7 (1,01)	25,2 (0,41)	25,6 (0,91)	25,3 (0,67)
H.R. % (E.T.)	70,2 (5,30)	70,2 (3,88)	78,4 (4,10)	74,1 (6,56)	76,3 (5,89)	70,2 (4,59)	74,3 (6,25)	72,2 (5,73)
NH ₃ ppm	7,0	5,2	30,8	23,0	26,9	6,1	18,9	14,1
CO ₂ %	0,23	0,23	0,41	0,42	0,42	0,23	0,32	0,33
H ₂ S ppm	0,0	0,0	0,5	0,4	0,5	0,0	0,3	0,2
Poussières mg/m ³	2,16	1,85	2,36	2,16	2,26	2,01	2,26	2,01
Germes 10 ⁴ /m ³	25,0	21,1	39,8	28,4	34,1	23,1	32,4	24,8

Les teneurs en gaz, mesurées en ambiance pour chaque salle, sont plus élevées pour les modules correspondant au taux de renouvellement le plus faible (tableau 1). Pour le dioxyde de carbone, les valeurs sont identiques pour les salles soumises au même traitement climatique (0,25 % pour le débit élevé et 0,41 % pour le débit faible). De plus, les concentrations sont constantes dans le temps.

Pour l'ammoniac, les valeurs relevées sont, pour un même débit d'air neuf, plus élevées dans le cas d'animaux alimentés ad libitum. Ceci est vrai tant en phase de croissance qu'en phase de finition.

On note aussi l'apparition d'hydrogène sulfuré pour les salles à faible taux de renouvellement.

Les quantités de poussières totales dans l'air sont supérieures dans les salles à débit faible (tableau 1). Ce phénomène est vrai pour toute la période d'engraissement. Cependant, le niveau de teneur en poussières est plus bas en période de finition pour l'ensemble des 4 modules.

Au niveau bactériologique, les valeurs obtenues sont plus élevées lorsque le taux de renouvellement est faible.

2.2. Les variables sanitaires

Le nombre de toux et d'éternuements est très faible et ne présente pas de différence entre traitements.

De même, les interventions sanitaires effectuées sur les porcs sont peu nombreuses et réparties de façon homogène pour

les 4 salles.

De plus, les lésions pulmonaires ne sont pas significativement différentes tant pour le pourcentage de porcs atteints que pour la note moyenne par porc (tableau 2). Cette dernière est très faible, en moyenne inférieure à 2 sur 28.

2.3. Résultats zootechniques

Le tableau 2 montre que les animaux nourris ad libitum ont, tout au long de la période d'engraissement, des croissances supérieures aux animaux rationnés. Ceci est lié à une consommation d'aliment plus élevée d'environ 8 %.

Cependant, en ne considérant que les 2 salles alimentées à volonté, il apparaît une différence significative pour la croissance entre 60 et 105 kg, ainsi que pour la période globale. Les animaux soumis au débit le plus faible ont les performances les moins élevées. Ce phénomène s'explique par une prise alimentaire spontanée réduite d'environ 7 % (160 g par jour).

Par contre, les animaux soumis à 2 taux de renouvellement différents mais recevant le même niveau alimentaire ont des performances zootechniques similaires.

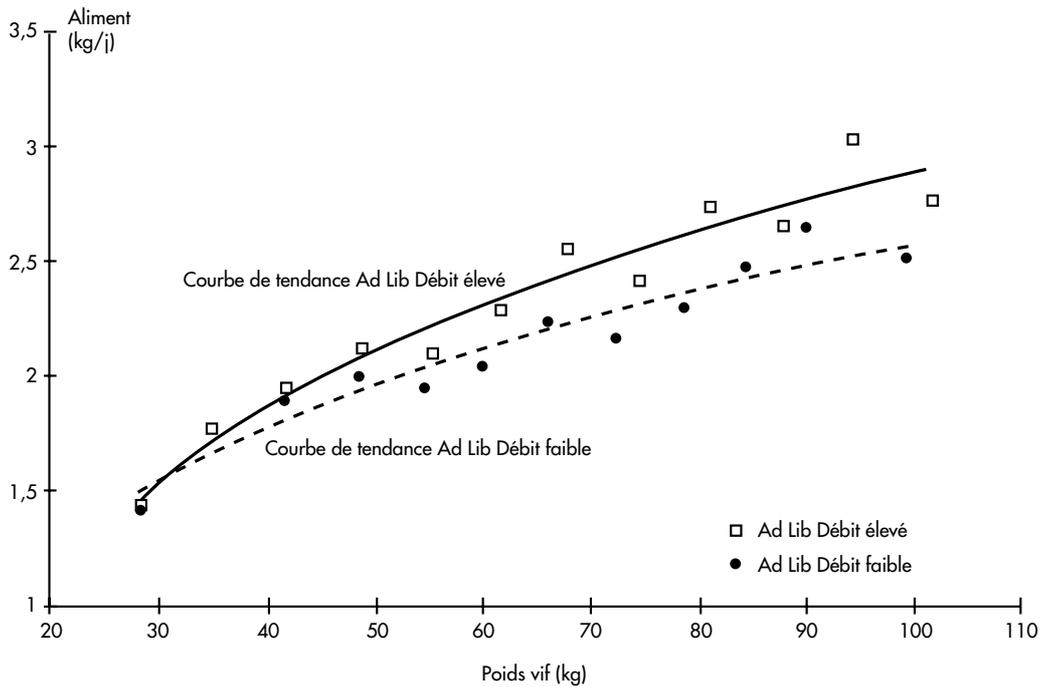
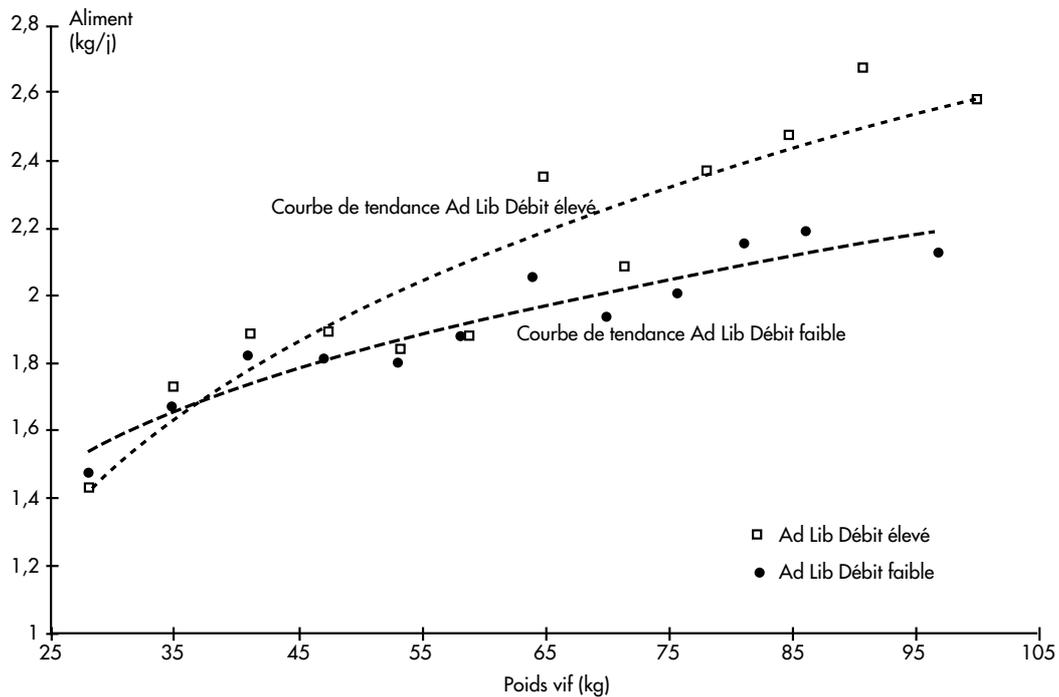
Pour les mâles castrés, la réduction de la consommation d'aliment apparaît dès les premières semaines d'expérimentation. Cependant elle est plus nette après 60 kg de poids vif (figure 2). Pour les femelles, seule la phase de finition montre une différenciation des 2 courbes de consommation (figure 3).

Tableau 2 - Résultats sur les animaux (1)

	Salle 1 Débit élevé Alim. ad lib	Salle 2 Débit élevé Alim. ration.	Salle 3 Débit faible Alim. ad lib	Salle 4 Débit élevé Alim. ration.	Débit faible	Débit élevé	Alimentation ad libitum	Alimentation rationnée	Test Statistique (2)
Poids début (kg)	24,5	24,5	24,5	24,5	24,5	24,5	24,5	24,5	N.S.
Poids fin (kg)	105,8	104,1	105,6	104,4	105,0	105,0	105,7	104,3	N.S.
GMQ 1 (g/j) (1)	886	799	856	774	815 b	834 a	871 a	786 b	**
GMQ 2 (g/j) (1)	919 a	781 b	824 b	785 b	807 b	849 a	872 a	783 b	**
GMQ 3 (g/j) (1)	895 a	782 c	830 b	772 c	803 b	837 a	863 a	777 b	**
I.C. (kg/kg)	2,46	2,52	2,45	2,57	2,51	2,49	2,46 b	2,55 a	**
Consommation (kg/j)	2,20 a	1,96 c	2,04 b	1,96 c	2,00 b	2,08 a	2,12 a	1,96 b	**
Pourcentage de muscle F.O.M.									
Castrats	56,2	58,2	57,4	58,0	57,7	57,2	56,8 b	58,1 a	*
Femelles	59,4	59,3	58,2	59,3	58,8	59,4	58,8	59,3	N.S.
Lésions pulmonaires à l'abattoir									
Note moyenne /porc	0,83	0,24	0,46	0,78	0,62	0,54	0,65	0,51	N.S.
Note par porc atteint	2,11	1,10	1,62	2,00	1,81	1,61	1,87	1,55	
Porcs avec note>3 (%)	6,5	0,0	4,4	6,5	5,5	3,3	5,5	3,3	

(1) GMQ 1 = GMQ 25-60 kg ; GMQ 2 = GMQ 60-105 kg ; GMQ 3 = GMQ 25-105 kg

(2) N.S. : non significatif au seuil 5% * : P<0,05 ; ** : P<0,01

Figure 2 - Évolution des consommations d'aliment des mâles castrés**Figure 3** - Évolution des consommations d'aliment des femelles

2.4. Résultats d'abattage

Le tableau 2 montre qu'il n'y a pas de différence du pourcentage de muscle entre traitements pour les femelles. Par contre, les mâles castrés nourris ad libitum ont un taux de muscle significativement inférieur aux animaux rationnés.

3. DISCUSSION

3.1. Qualité de l'air

Le débit faible entraîne l'apparition de teneurs en gaz éle-

vées. Ces résultats sont en accord avec la plupart des auteurs, CHOSSON et al. (1989), PHILIPPS (1989), MAS-SABIE et al. (1991 et 1994).

Le taux de CO₂ traduit de façon permanente le niveau de ventilation appliqué, avec lequel il évolue de façon inverse ; ceci a déjà été montré par BARBER (1993).

Les concentrations en NH₃, plus faibles pour le taux de renouvellement élevé, semblent liées au niveau d'alimentation des animaux. En effet, à même débit d'air neuf correspondant 2 teneurs en ammoniac, la salle alimentée ad libitum

ayant la valeur la plus élevée. Ceci est vraisemblablement dû à une augmentation de l'excrétion azotée provoquée par un apport journalier supérieur aux besoins de l'animal.

Les mesures obtenues à débit faible sont importantes et supérieures à 20 ppm en phase de finition. Elles sont de l'ordre de grandeur de celles citées par certains auteurs : GUSTAFSON (1987), CHOSSON (1985), DONHAM (1991), ROBERTSON (1993). Cependant, dans notre cas, il ne s'agit pas de pic ponctuel mais d'une valeur constante tout au long de la journée.

Il faut noter enfin l'apparition d'H₂S pour le taux de renouvellement faible. Les concentrations, de l'ordre de 0,4 ppm, sont faibles mais traduisent néanmoins une dégradation de l'ambiance.

La quantité de poussières en suspension dans l'air est plus importante dans les salles à débit faible. Cependant l'écart est peu important (0,3 mg/m³). De plus, les valeurs les plus élevées sont de l'ordre de 3 mg/m³, ce qui est plus faible que les données obtenues par d'autres auteurs : STROIK et al. (1986), DONHAM (1991), PEDERSEN (1993). Les niveaux assez bas observés dans nos conditions peuvent s'expliquer par une sédimentation rapide des poussières dans le caniveau à lisier. En effet, peu de surfaces sont susceptibles de recevoir les particules qui sont remises en suspension par l'activité des animaux. Les caillebotis et les barrières de séparation sont en acier galvanisé.

Concernant la contamination bactérienne de l'air à l'intérieur des salles, les niveaux relevés sont proches des valeurs généralement citées (BAUCK et al. 1990, OLEFIR 1985, ROBERTSON 1992 et 1993). Il existe une différence entre les 2 taux de renouvellement mais elle est peu importante.

3.2. État de santé et performances zootechniques

Durant la phase expérimentale, le nombre de toux et d'éternuements, ainsi que les traitements vétérinaires apportés aux animaux sont semblables pour les différents traitements. De même, les lésions pulmonaires notées à l'abattoir ne laissent pas apparaître de différence entre les 4 salles. De plus, les altérations du poumon sont peu importantes. Elles traduisent un très bon état sanitaire initial. La dégradation de l'ambiance, dans ce cas, ne se manifeste pas par une pathologie respiratoire plus grave.

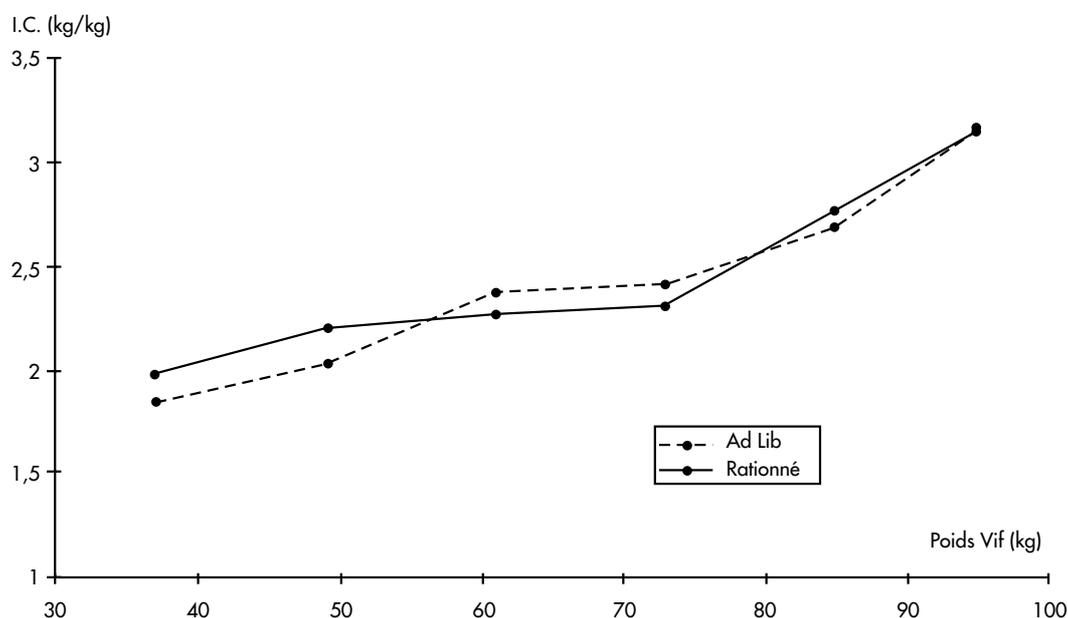
Pour les performances zootechniques, nous observons une différence de consommation journalière d'aliment de 160 g entre les animaux alimentés à volonté, placés dans la salle à taux de renouvellement élevé et ceux logés dans la salle à débit faible. Ceci se traduit par des croissances différentes (l'indice de consommation étant identique). Ces résultats confirment ceux obtenus en 1994.

Il semble donc, dans nos conditions expérimentales, que l'augmentation du taux de renouvellement favorise la prise alimentaire. Ceci est vrai pour les mâles castrés tout au long de la période, alors que pour les femelles la distinction se fait surtout après 60 kg de poids vif.

Il convient de préciser qu'il n'y a pas apparition de vitesses d'air plus élevées au niveau des animaux dans les salles à fort taux de renouvellement. En effet, ce phénomène provoquerait un abaissement de la température ressentie par le porc (CLARK, 1981).

Concernant l'indice de consommation, il apparaît une détérioration pour les animaux rationnés. Cette augmentation de

Figure 4 - Évolution de l'indice de consommation



l'indice de 0,1 n'apparaît en réalité qu'au début de l'expérimentation (figure 4). Dans ce cas, l'apport en lysine (17,3 g/jour) permet une croissance maximum de 770 g (ITP, 1994). Or les animaux alimentés à volonté montrent un potentiel de croissance plus élevé (890 g/jour). Le rationnement peut expliquer la dégradation de l'indice de consommation (RAO et Mc CRACKEN, 1992).

CONCLUSION

Lors de cet essai, il apparaît une dégradation de l'ambiance lorsque le taux de ventilation appliqué est faible. Ceci est plus net pour les teneurs en gaz que pour les poussières et les germes en suspension dans l'air.

Cependant ce phénomène est sans incidence sur l'état de santé des animaux. Il convient toutefois de relativiser cette conclusion. En effet, les porcs utilisés pour l'expérimentation ont un très bon état sanitaire initial, comme en témoigne le faible nombre de toux relevé au cours de l'engraissement (en moyenne moins de 2 toux en 3 minutes pour 48 porcs).

Dans ce cas, une ambiance de mauvaise qualité peut difficilement provoquer l'apparition d'une pathologie importante. Il est probable que des animaux plus contaminés, placés

dans les conditions d'ambiance obtenues à débit faible, auraient manifesté des atteintes respiratoires plus graves. Ceci pourrait se traduire par une détérioration des performances zootechniques (IC et GMQ).

De plus, il faut noter le rôle d'une ventilation faible sur la prise alimentaire. Il semble que l'animal réduise sa consommation lorsque le taux de renouvellement diminue. Dans le cas d'animaux malades, ceci provoquerait vraisemblablement une dégradation importante des performances zootechniques.

Ces résultats mettent en avant de nouvelles interrogations concernant l'effet des paramètres ambiants sur le comportement alimentaire du porc. La réduction de la consommation d'aliment est certainement en partie liée à la sensation d'inconfort due à des teneurs en gaz élevées. Mais on ne peut affirmer qu'il n'y ait pas d'autres paramètres, non mesurés, responsables de cette diminution de l'appétit.

Il paraît donc nécessaire de préciser l'action des paramètres d'ambiance (notamment les gaz) sur la consommation spontanée d'aliment, mais aussi de chercher à mieux cerner la notion de confort de l'animal permettant d'optimiser les performances zootechniques.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BAEKBO P., 1990. Congress of Int. Pig Vet. Society, 11, 395.
- BARBER E.M., DOSMAN J.A., RHODES C.S., CHRISTISON G.I., HURST T.S., 1993. Int. Livestock Environment Symposium IV, 626-634.
- BAUCK S.W., RHODES C.S., BARBER E.M., 1990. Can. Vet. J., Vol. 31, 506-513.
- BUTERA M., SMITH J.H., MORRISON W.D., HACKER R.E., KAINS F.A., OGILVIE J.R., 1991. Can. J. of Anim. Sci., 71, 271-277.
- 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.
- CURTIS S.E., 1972. J. of Anim. Sci., 35, 628-634.
- DONHAM K.J., 1991. Am. J. Vet. Res., Vol. 52, 1723-1730.
- GUSTAFSSON G., 1989. Int. Congress of Agric. Engineering, II, 1465-1470.
- 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.
- I.T.P., 1994. L'alimentation du porc charcutier, I.T.P. éd. Paris, 47 p.
- MADELIN T.M., WATHES C.M., 1989. British Poultry Sci., 30, 23-37.
- 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.
- NILLSON C., 1982. Sweriges Lantbrukuniversitet Report, 25, 93 p.
- OLEFIR A.L., 1985. Gig. Sanit., 4, 79-80.
- PEDERSEN S., 1993. Int. Livestock Environment Symposium, IV, 718-725.
- PHILLIPS P.A., THOMSON B.K., 1989. Am. Soc. of Agric. Eng., 32 (5), 1807-1810.
- POINTON A.M., 1985. Aust. Vet. J., 62(31), 88-101.
- RAO D.S., MC CRACKEN K.J., 1992. Anim. Prod., 54, 75-93.
- ROBERTSON J.F., FRIEBEN W.R., 1984. Biotechnol. Bioeng., 26, 828-835.
- ROBERTSON J.F., WILSON D., SMITH W.J., 1990. Anim. Prod., 50, 173-182.
- ROBERTSON J.F., 1991. Pig Vet. J., vol. 26, 39-47.
- ROBERTSON J.F., 1992. Farm Building Progress, 110, 19-24.
- ROBERTSON J.F., 1993. Int. Livestock Environment Symposium, IV, 694-700.
- STENNING B.C., 1982. Animal Productivity, Florida, C.R.S. Press, 185 p.
- STROIK M., HEBER A.J., 1986. Am. Soc. of Agric. Eng., 86, 4027.
- UNDERDAHL N.R., RHODES M.B., SOCHA T.E., SCHULTE D.P., 1982. Livestock Prod. Sci., 9, 521-529.