

Effet du refroidissement évaporatif par cooling et brumisation sur l'ambiance et les performances zootechniques en porcherie d'engraissement

C. DUTERTRE (1). P. MASSABIE (2). S. GINESTET (2). R. GRANIER (2)

Institut Technique du Porc, Pôle Techniques d'Élevage

(1) La Motte au Vicomte, BP 3, 35651 Le Rheu Cedex

(2) Station Expérimentale - Les Cabrières, 12200 Villefranche de Rouergue

Effet sur l'ambiance et les performances zootechniques du refroidissement évaporatif par cooling et brumisation en porcherie d'engraissement

Le refroidissement évaporatif permet de réduire la température ambiante de 2,5°C en moyenne lorsque la température extérieure est supérieure à 25°C. Au maximum, l'écart entre la salle témoin et la salle rafraîchie est égal à 4,4°C.

En contrepartie, l'humidité ambiante augmente en moyenne de 10 points pour une réduction de la température de 1°C.

L'ambiance plus fraîche et plus moite, caractéristique du refroidissement évaporatif, ne s'est pas soldée dans notre essai par des différences de performances zootechniques.

Des simulations effectuées à partir de résultats expérimentaux obtenus en atmosphère totalement maîtrisée permettent néanmoins d'envisager un gain de croissance de 13 g/j/°C avec cette technique.

Dans cette hypothèse, le prix d'intérêt du refroidissement évaporatif est estimé à 36 FF/place d'engraissement pour les conditions météorologique du sud de la France.

Effects of evaporative cooling on pig house ambience and on fattening pig growth performance

Evaporative cooling produced on average a decrease in ambient temperature of 2.5°C when the exterior temperature was above 25°C. The maximum difference between the control room and the cooled room was 4.4°C. However, ambient humidity increased on average by 10% for a reduction of 1°C in temperature.

The cooler and more humid conditions, characteristic of evaporative cooling, did not, in the present experiment, affect growth performance.

Simulations using experimental results obtained in a totally controlled atmosphere suggest that an increase in growth of 13 g/d/°C could be obtained with this technique. The investment cost of this system is estimated to be around 36 FF/housing space in the weather conditions normally encountered in the south of France.

INTRODUCTION

En été, une élévation de la température ambiante de 1°C représente pour le porc à l'engrais alimenté à volonté une réduction de la vitesse de croissance de 25 g/j (MASSABIE et al., 1996). Outre des retards de croissance, la chaleur peut également provoquer des troubles de fécondité chez la truie après le sevrage, des chutes de production laitière, voire des mortalités chez la truie allaitante.

L'objectif de cette étude est de mesurer l'intérêt pour le porc à l'engrais de deux systèmes utilisant les mêmes propriétés physiques de l'air : le refroidissement adiabatique.

Ces deux équipements appelés communément cooling et brumisation consistent en effet à transformer une partie de l'énergie contenue dans l'air sec en vapeur d'eau. Il en résulte un refroidissement à enthalpie constante ne nécessitant aucun apport d'énergie extérieur.

1. MATÉRIEL ET MÉTHODE

Les expérimentations se sont déroulées à la Station Expérimentale de Villefranche de Rouergue de juillet à octobre 1996 et de mai à septembre 1997.

1.1. Le bâtiment

Le cooling est un panneau constitué d'une maille en polyéthylène disposé au niveau de l'entrée d'air d'un des 2 modules expérimentaux. L'air neuf vaporise l'eau circulant sur la maille et subit un refroidissement adiabatique. Il emprunte un sas, puis une gaine d'admission d'air avant d'arriver dans la salle.

Dans l'autre module, c'est la brumisation d'eau dans l'ambiance qui assure le refroidissement. Un brouillard fin (0,5 µ) est en effet produit suivant un cycle de 5s toutes les 20s par une canalisation haute-pression en inox (50 bars) munie de 6 buses.

Au niveau du bâtiment, chaque module est composé de 6 loges de 10 animaux sur caillebotis intégral. La ventilation est menée en dépression avec une entrée d'air par gaine isolée (4 cm de mousse de polyuréthane) munie de volets de type LEP, l'extraction étant réalisée à partir de la gaine située sous le couloir d'alimentation.

Des plaques de mousse de polyuréthane de 6 cm d'épaisseur isolent thermiquement la toiture, les parois étant constituées de béton cellulaire de 20 cm d'épaisseur. Il est à noter que les murs de fosse ne sont pas isolés. Le coefficient de transmission surfacique calculé par porc est égal à 1,66 W/°C. Chaque animal dispose d'un volume de 2,1 m³ et d'une surface de 0,65 m².

1.2 Mesures

Les porcs sont pesés tous les 14 jours et au départ à l'abattoir. La consommation d'aliment est établie par loge tous les 14 jours.

Le nombre de toux et d'éternuements par salle sont comptés tous les 14 jours durant une période de 3 minutes. Les traitements vétérinaires sont notés.

En ce qui concerne l'ambiance, la température et l'humidité sont enregistrées en continu par une centrale de mesure de type écureuil. La concentration en ammoniac est mesurée tous les 14 jours à l'aide de tubes réactifs Draeger. Enfin, la concentration massique en poussières totales et par classe granulométrique est effectuée tous les 21 jours.

1.3. Régulation de l'ambiance

Le débit des ventilateurs est régulé par un boîtier numérique. La température de consigne, à partir de laquelle la ventilation est minimale, est fixée à 22°C.

La plage de variation du minimum au maximum de ventilation, respectivement 8 et 65 m³/h/porc, est fixée à 5°C.

La circulation d'eau sur le cooling ou la production de brume se déclenchent automatiquement dans les deux salles à partir d'une température ambiante fixée à 24°C, ce qui correspond approximativement à un débit de 20 m³/h/porc.

Les mesures de débits d'air effectuées à l'entrée des gaines d'admission d'air révèlent une faible étanchéité des modules expérimentaux : 55 % dans la «salle brumisation» et 45 % dans la salle cooling.

Les pertes de charge importantes provoquées par les gaines d'admission et d'extraction auxquelles s'ajoutent celles du cooling expliquent en partie ces résultats médiocres.

2. RÉSULTATS

2.1. Comparaison de la «salle cooling» et de la salle témoin du 25/07 au 17/10/96

Le "cooling" a permis de réduire la température ambiante de 0,7°C en moyenne du 25/07 au 17/10/96 (tableau 1).

Les écarts de température à l'intérieur du bâtiment sont nettement plus faibles avec le cooling : 1,6°C pour l'écart-type de la salle témoin contre 0,9°C dans la «salle cooling».

Le refroidissement n'est significatif qu'à partir de températures extérieures supérieures à 20°C. Il est d'autant plus important que la température extérieure est élevée et l'humidité extérieure est faible. Pour des températures supérieures à 25°C, la température ambiante de la «salle cooling» est située en moyenne 2,6°C au-dessous de celle de la salle témoin. L'écart maximal observé est égal à 4,4°C. Le refroidissement évaporatif est cependant parfois inefficace.

2.2. Comparaison entre la «salle cooling» et la «salle brumisation» du 28/05 au 20/08/97

La «salle cooling» est légèrement plus chaude que la «salle brumisation» (+ 0,3°C) et ceci quel que soit le niveau de température extérieure (tableau 2).

L'écart de + 0,9°C entre la température ambiante de la «salle cooling» en 1997 et celle de 1996 s'explique par une température moyenne de l'air neuf nettement supérieure en 1997 : 19,1°C contre 15,3°C (tableaux 1 et 2).

2.3. Incidence du cooling sur l'humidité ambiante

Le fonctionnement cooling se traduit sur l'ensemble de la période par une hausse de 4 points de l'humidité relative

par rapport au témoin (tableau 3).

Conformément aux résultats du tableau 1, la vaporisation d'eau augmente de pair avec la température extérieure, entraînant une élévation de l'humidité ambiante.

D'après les tableaux 1 et 3, un gain de 1°C sur la température ambiante se solde par une augmentation d'environ 10 points de l'humidité ambiante.

Tableau 1 - Incidence de la température extérieure sur l'efficacité du cooling du 25 juillet au 17 octobre 1996

Classes	Température moyenne (°C)					
	Air neuf	Témoin (1)	Cooling (2)	Différence (2) - (1)		
				moy.	maxi	mini
Te > 25°C	27,6	30,7	28,1	- 2,6	- 4,4	- 0,7
20 < Te ≤ 25°C	22,0	28,1	27,0	- 1,1	- 4,2	+ 0,8
15 < Te ≤ 20°C	17,2	26,4	26,0	- 0,4	- 3,1	1,1
Te ≤ 15°C	11,2	25,1	25,3	+0,2	- 1,4	2,6
Ensemble						
Moyenne	15,3	26,6	25,9	- 0,7	-	-
Écart-type	-	1,6	0,9	- 0,7	-	-

Te : température extérieure

Tableau 2 - Comparaison entre la "salle cooling" et la "salle brumisation" du 28 mai au 20 août 1997

Classes	Température moyenne (°C)			
	Air neuf	Brumisation (1)	Cooling (2)	Différence (2) - (1)
Te > 25°C	27,3	28,8	29,0	+ 0,2
20 < Te ≤ 25°C	22,2	27,1	27,4	+ 0,3
15 < Te ≤ 20°C	17,5	26,4	26,1	+ 0,3
Te ≤ 15°C	12,9	25,0	25,2	+ 0,2
Ensemble				
Moyenne	19,1	26,5	26,8	+ 0,3
Écart-type	-	1,2	1,3	+ 0,1

Te : Température extérieure

Tableau 3 - Humidité ambiante dans les salles témoin et cooling en fonction de la température extérieure du 25 juillet au 17 octobre 1996.

	Témoin (1)	Cooling (2)	Différence (2) - (1)
Te > 25°C	43,3	65,2	21,9
20 < Te ≤ 25°C	49,2	62,1	12,9
15 < Te ≤ 20°C	55,4	62,2	6,8
Te ≤ 15°C	60,4	57,2	- 3,2
Ensemble			
Moyenne	56,2	60,2	+ 4,0
Écart-type			

2.4. Incidence de l'humidité relative de l'air sur l'efficacité des deux systèmes de refroidissement

Le fonctionnement des deux systèmes de refroidissement étant basé sur le pouvoir évaporatif de l'air, leur efficacité dépend en grande partie de la teneur en eau de ce dernier. Par temps sec, les deux systèmes sont aussi efficaces l'un que l'autre ; L'écart entre la température ambiante et la température extérieure est égal à 1,2°C dans la «salle brumisation» et 1,3°C dans la «salle cooling» (tableau 4).

Par temps humide, la technique de refroidissement évaporatif montre ses limites. Dans le cas du cooling notamment, les

20 % d'humidité extérieure supplémentaires se traduisent par une hausse de la température ambiante de 1,4°C. L'air neuf sortant du cooling étant saturé en permanence, la quantité d'eau évaporée diminue par temps humide.

L'efficacité de la brumisation en revanche est moins dépendante de l'humidité extérieure. Dans ce cas en effet, c'est la consigne d'humidité ambiante (75 % dans notre expérience) qui limite le fonctionnement de la brumisation et non le degré hygrométrique de l'air extérieur. D'où un écart d'environ 10 % d'humidité entre les deux salles et ceci que le temps soit humide ou sec. Cette différence se traduit par 0,5°C d'écart entre les températures ambiantes en faveur de la brumisation par temps humide.

Tableau 4 - Performances comparées des deux systèmes de refroidissement évaporatif en fonction de l'humidité de l'air extérieur du 20/06 au 20/08/97

		Caractéristiques de l'air température (°C) - humidité (%)							
		Extérieur (1)	Après cooling (2)	Écart après cooling extérieur (2) - (1)	Ambiance salle cooling (3)	Écart salle cooling (3) - (1)	Ambiance brume (4)	Écart brume extérieur (4) - (1)	Différence brume cooling (4) - (3)
Temps sec	Te ≥ 25°C	27,7	21,0	- 6,7	29,0	+ 1,3	28,9	+ 1,2	- 0,1
	Hre ≤ 45 %	38,2	97,8	+ 59,6	63,2	+ 25	74,1	+ 46,1	+ 10,9
Temps humide	Te ≥ 25°C	27,1	21,3	- 5,8	29,8	+ 2,7	29,3	+ 2,2	- 0,5
	Hre ≥ 45 %	56,1	97,4	+ 41,3	65,4	+ 9,3	74,3	+ 18,2	+ 8,9

Te : température extérieure

Hre : humidité relative de l'air extérieur

2.5. Performances zootechniques

Les différences observées au niveau de l'ambiance entre les salles témoin et cooling en 1996 ne se sont pas soldées par des différences de performances zootechniques (tableau 5). Le GMQ est en effet identique dans les deux salles et égal à 820 g/j.

Même remarque entre les salles brumisation et cooling en 1997, avec toutefois de moins bonnes croissances qu'en 1996.

Tableau 5 - Vitesse de croissance des porcs en g/jour

GMQ	Témoin	Cooling	Brumisation
Essai 1996	820	820	
Essai 1997		780	780

2.6. Qualité de l'air et état sanitaire des porcs

Les écarts de concentrations en gaz ainsi que le nombre de colonies bactériennes, entre les salles témoin et cooling en

1996 et entre les salles cooling et brumisation en 1997, ne sont pas significativement différents (tableau 6).

De même, l'état sanitaire des porcs, évalué à travers le nombre de toux et d'éternuements, n'a pas été affecté par l'un ou l'autre système de refroidissement.

Le tableau 6 révèle également des différences de qualité de l'air entre les essais réalisés en 1996 et 1997. Les moindres concentrations en gaz obtenues en 1997 s'expliquent par un niveau de ventilation supérieur. La température extérieure est en effet nettement plus chaude en 1997: 19,1°C contre 15,3°C en 1996 (tableau 1).

Les grosses particules (plus de 5 µ) constituant plus de 90 % de la masse, il est logique de mesurer une concentration massique légèrement supérieure dans la «salle brumisation» où elles sont en plus grand nombre (tableau 6).

Les particules fines, largement majoritaires en nombre, sont environ trois fois plus nombreuses dans la «salle cooling» que dans la «salle brumisation». Cet écart pourrait provenir de la différence d'humidité entre les deux salles (+ 10 % en faveur de la «salle brumisation»).

Tableau 6 - Qualité de l'air et état sanitaire des porcs

			Témoin	Cooling	Brumisation
Gaz	CO ₂ en %	Essai 96 Essai 97	0,25 -	0,22 0,15	- 0,16
	NH ₃ en ppm	Essai 96 Essai 97	14 -	13 9	- 8
Poussières Nb particules/l	Classes, µm (essai 1997)	> 0,3 > 0,5 > 1,0 < 5,0		115 000 90 000 40 000 3 000	49 000 28 000 16 000 4 000
	Concentration massique, mg/m ³ (essai 1996)			2,0	2,2
Bactériologie	Nb de colonies, 10 ⁴ /m ³	Essai 96 Essai 97	15 -	14 33	- 36
Éternuements	Essai 1996		1,8	1,6	-
Toux	Essai 1996		0	0	

DISCUSSION-CONCLUSION

D'après MASSABIE et al. (1996), une diminution de la température ambiante de 1°C entre 28 et 24°C se traduit en alimentation à volonté par un gain sur la croissance estimé à 25 g/j/°C. De leur côté, GRANIER et MASSABIE (1996) montrent dans des conditions identiques, qu'une hausse de 10 points de l'humidité relative à 24°C entraîne une réduction du GMQ de 12 g/j/°C. La technique de refroidissement

évaporatif entraînant une hausse de l'humidité relative de 10 points pour un gain de 1°C (cf. paragraphe 2.3., p 339), le bénéfice attendu est estimé à 13 g/j/°C. Cette différence mineure n'a pu être montrée dans notre expérience.

Partant de cette hypothèse, le prix d'intérêt du refroidissement évaporatif pour 800 places d'engraissement est estimé à 29 000 F au sud d'une ligne Bordeaux-Lyon et 13 000 F au nord (tableau 7).

Tableau 7 - Prix d'intérêt du refroidissement évaporatif pour un atelier d'engraissement de 800 places en fonction de sa situation géographique

Situation géographique	Nord	Sud
Villes	Lille Rennes Strasbourg	Bordeaux Lyon Marseille Toulouse
Nombre de jours où la température extérieure moyenne est *:		
supérieure à 25°	0	27
20 ≤ Te < 25°C	44	48
15 ≤ Te < 20°C	46	58
Te < 15°C	275	232
Gain attendu sur la température ambiante, °C	0,18	0,40
Gain attendu sur la croissance, g/j	2,5	6
Gain attendu, F/porc	0,9	2
Prix d'intérêt par place, F/porc	16	36
Prix d'intérêt pour 800 places, F	13 000	29 000

* Données climatiques (source Météo France) pour une année moyenne

Ce calcul est basé sur les performances moyennes d'un atelier naisseur-engraisseur de 132 truies présentes (source GTE, 1996). L'amortissement du matériel est prévu sur une durée de 5 ans. Le taux du crédit est égal à 7 %. Le gain attendu exprimé en F/porc suppose que le gain de croissance lié à l'abaissement de la température ambiante, se traduit par un poids de sortie supérieur.

Les seules charges supplémentaires prises en compte dans ce calcul sont d'ordre alimentaire avec un coût estimé à 1,10 F/kg. Le coût de fonctionnement de ce type de climatisation est en effet considéré comme négligeable. La consommation d'eau mesurée sur l'ensemble de la période est égale en moyenne à 81 l/jour pour un temps de fonctionnement égal à 19 heures par jour. L'eau et l'énergie dépensés sont a priori compensés par une réduction de la puissance consommée par les ventilateurs.

Le calcul du prix d'intérêt peut paraître très avantageux pour les deux systèmes de refroidissement. Il faut cependant mentionner que les résultats techniques présentés dans ce document sont obtenus dans des conditions défavorables. À titre d'exemple, l'étanchéité moyenne du local expérimental (cf. paragraphe 1.2, p 338) nuit au rendement du cooling.

Par ailleurs, le bâtiment expérimental de part sa petite dimension offre, comparativement à une salle d'engraissement classique, une grande surface de contact à l'extérieur. Il s'ensuit des apports de chaleur par rayonnement en été supérieurs à la normale, qui tendent à sous-estimer l'efficacité de tout système de climatisation.

Enfin, notre calcul économique ne tient compte que des avantages retirés de l'abaissement de la température moyenne. Le bénéfice retiré de la réduction très nette des variations de température ambiante n'est pas pris en compte. Cet aspect est pourtant primordial pour la santé des porcs, surtout que de forts courants d'air sont souvent associés à ces écarts de température.

Ceci étant, on peut supposer que les deux systèmes de refroidissement évaporatif diminuent le risque de voir apparaître des pathologies pulmonaires (toux) ou des troubles du comportement (caudophagie, cannibalisme) en période de fortes amplitudes thermiques extérieures.

En ce qui concerne les aspects sanitaires, une réserve doit être cependant émise par rapport au système de cooling. La maille imbibée d'eau constitue en effet un milieu de développement idéal pour les micro-organismes, ce qui à long terme présente un risque de contamination non-négligeable. La brumisation en revanche est moins risquée de ce point de vue. Elle présente même l'avantage de pouvoir réaliser des traitements vétérinaires par voie aérienne.

La brumisation semble, d'une manière générale, plus facile à mettre en oeuvre que le cooling dans le cas d'une rénovation. Elle ne nécessite pas une révision complète des circuits d'air et ne provoque pas de pertes de charges supplémentaires qui pourraient nuire au rendement des ventilateurs. Le cooling est par contre très compétitif s'il est prévu dès la conception d'une unité neuve.

Ces deux systèmes présentent un intérêt évident en porcherie. Des études complémentaires devront être menées pour en apprécier les contours en maternité (consommation alimentaire et production laitière des truies) et en verraterie (retour en chaleur, qualité de semence). Enfin, un suivi des installations existantes permettra d'éclaircir les quelques interrogations qui subsistent.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient,
 M.BÉCOT (BÉCOT S.A., Z.I. n°4, route de thouars, B.P. 41, 79301 Bressuire Cedex)
 M.DUFOUR (DUTRIE S.A., Z.I., rue du Bois des Lots, 26130 Saint-Paul Trois Châteaux)
 M. POUPON (FANCOM, 26 c, rue des artisans, B.P. 106, 35501 Vitré Cedex.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- GRANIER R., MASSABIE P., 1996. Journées Rech. Porcine en France, 28, 195-200.
- MASSABIE P., GRANIER R., LE DIVIDICH J., 1996. Journées Rech. Porcine en France, 28, 189-194.