

COLLOQUE SUR LA PRODUCTION PORCINE

Savoir pour mieux planifier l'avenir !

4 novembre 2003, Saint-Hyacinthe

Une initiative du
Comité production porcine

Effet de la température ambiante et de la vitesse de l'air sur les performances du porc en croissance

Patrick MASSABIE

Ingénieur en recherche et développement

Institut technique du porc

Station expérimentale Les Cabrières

Villefranche de Rouergue (France)



Note : Cette conférence a été présentée lors de l'événement et a été publiée dans le cahier des conférences.

Pour commander le cahier des conférences, consultez
[le catalogue des publications du CRAAQ](#)

EFFET DE LA TEMPERATURE AMBIANTE ET DE LA VITESSE DE L'AIR SUR LES PERFORMANCES DU PORC EN CROISSANCE

INTRODUCTION

Depuis dix ans, l'Institut Technique du Porc (ITP) a entrepris une série d'expérimentations afin de caractériser les effets de l'ambiance sur le porc en croissance finition. En 1996, Robert Granier faisait un premier bilan des essais menés à la station ITP de Villefranche de Rouergue. L'effet de la température ambiante apparaissait comme un facteur prépondérant. Entre 17 et 28 °C, températures maintenues constantes tout au long de l'expérimentation, la consommation d'aliment diminuait de 40 g/j/°C pour des porcs entre 25 et 108 kg de poids vif. Dans le même temps, la croissance diminuait de 17 g/j/°C entre 20 et 28 °C, alors que l'efficacité alimentaire était peu affectée dans cet intervalle. En revanche, à 17 °C, l'indice de consommation (I.C.) était dégradé, l'aliment consommé en plus entre 17 et 20 °C servant uniquement aux besoins de thermorégulation.

Le deuxième paramètre étudié alors était l'humidité relative à 24 °C. Dans ce cas, seule une hygrométrie de 90 % diminuait la prise alimentaire et la croissance. Depuis, une deuxième expérimentation menée à 28 °C (Granier *et al.*, 1998) a montré que l'incidence de ce paramètre est beaucoup plus importante pour une température élevée. À 24 °C, la consommation d'aliment diminue de 24 g/j pour 10 % d'humidité relative en plus au-dessus 45 %. Cette valeur est de 50 g/j pour une température ambiante de 28 °C. Les croissances sont directement affectées puisque l'efficacité alimentaire reste identique pour un même niveau de température.

Enfin, le troisième point abordé concernait la dégradation de l'ambiance pour les polluants de l'air (gaz, poussières et germes en suspension). Le maintien de mauvaises conditions sur toute la période d'élevage provoquait une baisse importante de la prise alimentaire de 160 g/j qui se traduisait par une diminution de la croissance de 75 g/j, l'indice de conversion restant inchangé.

À la suite de ce premier bilan, il subsistait certaines interrogations concernant ces paramètres. La première touche l'effet de la température ambiante lorsque les animaux reçoivent une alimentation rationnée. En effet, lors des premières expérimentations, pour une température froide, les porcs avaient la possibilité de compenser l'augmentation des pertes de chaleur par un accroissement de la prise alimentaire. Pour des animaux rationnés, cette augmentation de la consommation n'est pas possible et l'incidence de la température sur les performances est certainement différente.

La deuxième interrogation concerne les amplitudes de température subies par les porcs. En effet, lors des précédentes expérimentations, la température avait été envisagée comme un paramètre constant dans le temps. Or, en élevage, en fonction des conditions extérieures, la température ambiante subit des fluctuations journalières parfois importantes. Il s'agit de déterminer comment l'animal réagit lorsqu'il est placé à une même température moyenne, mais avec des amplitudes journalières plus ou moins importantes.

Enfin, un paramètre intervenant sur l'ambiance n'avait pas été abordé. Il s'agit de la vitesse de l'air au niveau des animaux. Les données concernant ce facteur sur le porc en croissance finition sont pour la plupart anciennes (CLOSE *et al.*, 1981; CLOSE, 1987 et 1989; VERSTEGEN et VAN DER HEL, 1976). Leur extrapolation aux génotypes actuels est difficile, car la réduction de la couverture adipeuse rend vraisemblablement les animaux plus sensibles. Deux essais menés à des températures ambiantes différentes (20, 24 et 28 °C) ont été conduits afin de caractériser l'effet de la vitesse de l'air sur les performances des animaux.

En plus de ces trois sujets, il a été réalisé, à partir des nombreuses données obtenues en conditions d'ambiance contrôlées, un bilan de la prise alimentaire en fonction du poids vif et de la température ambiante. Le but est d'obtenir un modèle prédictif permettant, par exemple, de déterminer la baisse de consommation liée à une augmentation de la température.

Par ailleurs, lors des discussions concernant l'évolution de la réglementation européenne sur le bien-être en élevage, la surface disponible par animal et le type de sol ont été souvent mis en cause. Ces critères, intervenant sur le comportement des animaux, peuvent avoir une incidence sur les conditions d'ambiance. En effet, en abaissant la densité animale, le maintien des températures en période froide se fera au détriment du taux de renouvellement d'air horaire de la salle et dégradera l'ambiance (augmentation des teneurs en gaz, poussières et germes). De même, le type de sol peut générer une différence au niveau de ces polluants. C'est pourquoi en complément à cet article une partie est consacrée à ces deux critères.

CONDITIONS EXPÉRIMENTALES

Les essais concernant la température (effet rationnement et fluctuations journalières), la vitesse de l'air et la densité animale ont été menés dans la porcherie BIOCLIM de la Station Expérimentale de l'Institut Technique du Porc (figure 1).

Quatre salles identiques, comportant chacune 8 loges de 6 porcs, constituent ce bâtiment. Le sol est de type caillebotis intégral (fil galvanisé). La ventilation est menée en surpression avec une entrée d'air par plafond diffuseur réglable. L'air est extrait via une gaine placée sous le couloir central.

Les paramètres climatiques fixés (température, hygrométrie et débit de renouvellement) sont maintenus constants de façon indépendante pour chaque salle. La régulation de l'installation est assurée par un logiciel de supervision (MASSABIE *et al.*, 1994).

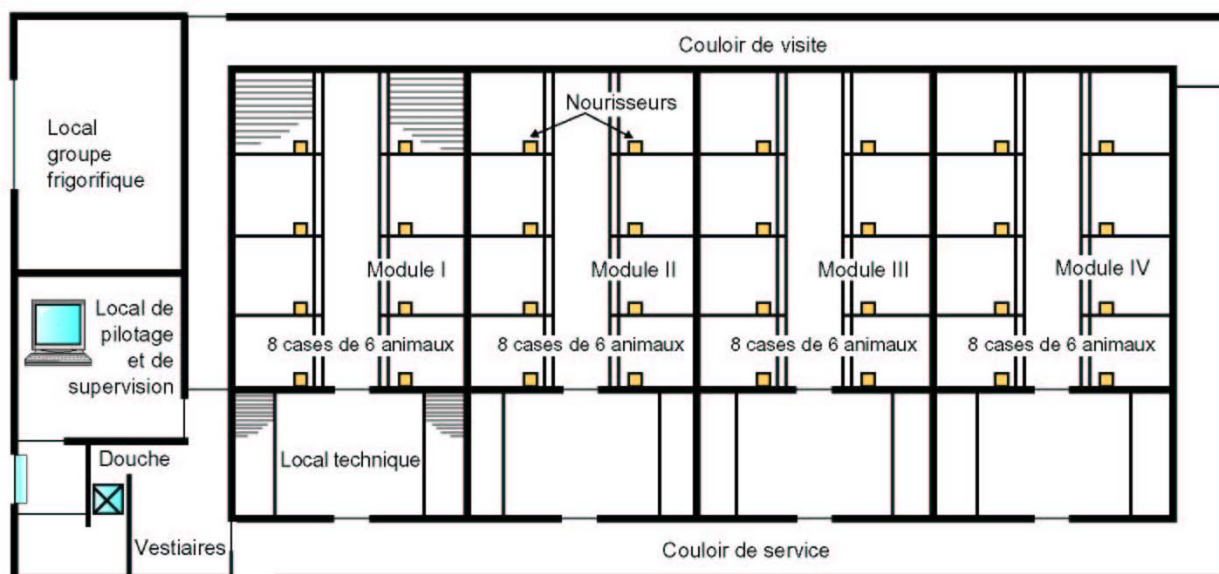


Figure 1. Local expérimental

Pour les essais concernant les variations journalières de températures, deux cases par salle (une de mâles castrés, une de femelles) ont été équipées d'une station d'alimentation permettant l'enregistrement en continu de la consommation d'aliment. L'appareil est composé d'un nourrisseur monoplace avec une réserve d'aliment (environ 100 g) au niveau de l'auge, alimentée à partir d'une trémie via un plateau peseur intermédiaire (portée maximum 1000 g, résolution 1 g) relié à un ordinateur. Un capteur infrarouge permet de détecter la présence d'un animal tandis qu'un capteur situé dans le nourrisseur permet de détecter la présence ou non d'aliment dans l'auge. Celle-ci est approvisionnée en aliment lorsque la présence d'un animal est détectée devant le nourrisseur et que la réserve d'aliment au niveau de l'auge est vide. Pour les expérimentations portant sur la densité animale, les salles sont divisées en 4 loges de 9 ou 6 porcs.

Enfin, pour le type de sol et le nombre de porcs par case, des bâtiments traditionnels ont été utilisés dans les deux stations de l'Institut Technique du Porc.

EFFET DE LA TEMPÉRATURE EN ALIMENTATION RATIONNÉE

Schéma expérimental

Au total, 360 porcs entre 26 et 108 kg de poids vif ont été mis en essai. Deux niveaux de température sont comparés : 24 et 17 °C, avec pour chacun 3 apports alimentaires possibles, soit à volonté, c'est-à-dire 90 et 80 % de l'alimentation à volonté. Ce sont ainsi 6 traitements qui ont été mis en place, représentés chacun par 30 castrats et 30 femelles. L'objectif est d'obtenir des niveaux de consommation identiques pour des températures ambiantes différentes. Ceci permettra de définir l'incidence de la température pour un même apport alimentaire et ainsi prédire la quantité d'aliment supplémentaire à apporter pour maintenir les performances de

croissance lorsque la température diminue. L'aliment, sous forme granulée, est apporté au nourrisseur. En alimentation à volonté, l'apport journalier est déterminé à partir des équations de prédiction de l'ingéré en fonction du poids vif calculées à partir des essais précédents (MASSABIE *et al.*, 1996). Les équations retenues sont les suivantes :

Femelles 24 °C ; Aliment (kg/j) = 0,2549 (poids)^{0,5135}

Castrats 24 °C ; Aliment (kg/j) = -0,0002 (poids)² + 0,0476 poids + 0,3463

Femelles 17 °C ; Aliment (kg/j) = 0,0233 poids + 0,8790

Castrats 17 °C ; Aliment (kg/j) = -0,0002 (poids)² + 0,0515 poids + 0,2200

Selon le niveau de rationnement, les équations sont affectées d'un coefficient de 0,9 ou 0,8. Cependant, lorsque les animaux nourris à volonté ne suivent pas totalement le plan théorique, l'apport alimentaire des autres régimes est modifié en conséquence.

Entre deux pesées des animaux, le poids vif est estimé à partir de la consommation d'aliment de la veille et d'un indice de consommation théorique obtenu lors de précédents essais.

Résultats

Les niveaux de consommation observés vont de 2,43 à 1,78 kg/j, suivant le traitement (tableau 1). Cependant, conformément à l'objectif, nous retrouvons des prises alimentaires proches pour les deux températures ambiantes (24 et 17 °C). Il s'agit de 2,25 et 2,19 d'une part et de 2,05 et 1,93 kg/j d'autre part.

Tableau 1. Performances zootechniques

Température ambiante (°C)	24 °C			17 °C		
	Ad Libitum	90 % Ad Libitum	80 % Ad Libitum	Ad Libitum	90 % Ad Libitum	80 % Ad Libitum
Niveau alimentaire	Ad Libitum	90 % Ad Libitum	80 % Ad Libitum	Ad Libitum	90 % Ad Libitum	80 % Ad Libitum
GMQ 25-105 kg (g/j)	907 b	805 c	669 d	981 a	830 c	688 d
Aliment (kg/j)	2,25 b	2,05 d	1,78 f	2,43 a	2,19 c	1,93 e
I.C. (kg/kg)	2,49 d	2,57 cd	2,71 b	2,49 d	2,66 bc	2,85 a

Par ailleurs, il existe une relation linéaire entre la vitesse de croissance et l'ingéré alimentaire (figure 2). Nous obtenons ainsi une augmentation de la croissance à 24 °C de 0,48 g par gramme d'aliment supplémentaire. Cette valeur est de 0,52 à 17 °C. Cette différence entre température n'étant pas significative, nous pouvons retenir une amélioration du GMQ de 0,5 g par gramme d'aliment en plus. Il faut préciser que même si cette valeur est proche pour les deux niveaux de température, les croissances sont toujours inférieures à 17 °C (le facteur constant de l'équation étant inférieur à 17 °C).

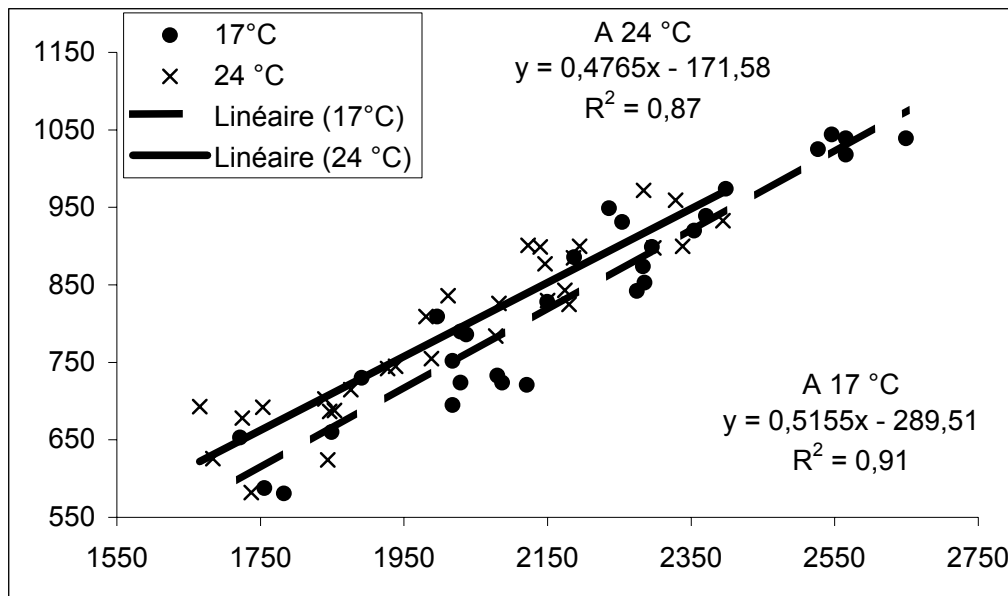


Figure 2. Évolution des croissances en fonction de la prise alimentaire

L'utilisation de ce coefficient (0,50) pour ajuster le gain de poids à une même quantité d'aliment ingéré révèle une baisse de la croissance, entre 17 et 24 °C, de 40 g/j, soit près de 6 g/jour par degré de température, valeur similaire à celle obtenue par LE DIVIDICH *et al.* (1985) entre 20 et 28 °C. Ceci est vrai que l'apport alimentaire soit 2,05 ou 2,25 kg/j (tableau 2).

Tableau 2. Incidence de la température sur le GMQ et l'I.C. pour un même apport alimentaire. Données ajustées

Apport alimentaire	GMQ 24 °C	GMQ 17 °C	I.C. 24 °C	I.C. 17 °C
2,25 kg/j	907	867	2,49	2,60
2,05 kg/j	805	762	2,57	2,69

À 17 °C, un apport supplémentaire d'aliment de 80 g/j est nécessaire pour obtenir une croissance identique à celle qu'auraient les animaux à 24 °C (40/0,5 : 1 g d'aliment améliorant le GMQ de 0,5 et la différence de croissance étant de 40 g/j). Ceci correspond à 7 kg d'aliment en plus pour un porc à l'engrais entre 25 et 108 kg.

Par ailleurs, l'efficacité alimentaire est dégradée lorsque la température diminue de 24 à 17 °C. De plus, et ceci quel que soit le niveau de température ambiante, l'I.C. augmente lorsque la quantité d'aliment est rationnée (tableau 1).

Ainsi, une restriction alimentaire légère (10 %) accroît la dépense totale d'aliment, l'I.C. augmentant de 0,08 à 24 °C et de 0,17 à 17 °C. En alimentation rationnée, la part énergétique liée aux dépenses d'entretien devient prépondérante et la part destinée à la croissance ne

permet plus à l'animal d'exprimer son potentiel. Ceci est plus marqué à température basse, car les dépenses d'entretien s'accroissent pour assurer la thermorégulation. Cette différence de conversion équivaut à un apport alimentaire supplémentaire de 6 kg à 24 °C et de 14 kg à 17 °C, pour la phase 25-108 kg. Une restriction plus forte entraîne une dégradation plus nette de l'I.C. (+0,22 à 24 °C et + 0,36 à 17 °C) et se traduit pour un gain de poids de 83 kg par 18 et 30 kg d'aliment en plus respectivement à 24 et 17 °C.

Les résultats de cette expérimentation font apparaître un effet important de la température ambiante, notamment lorsque l'apport alimentaire est rationné. Or, en France, bien souvent en élevage, l'animal est placé dans de telles conditions de rationnement, soit parce que le système d'alimentation ne permet pas de gérer le « à volonté » (machine à soupe), soit par souci d'amélioration de la teneur en muscle de la carcasse. Dans ce cas, l'obtention de températures froides en ambiance aura un coût économique direct qui peut aller de 7 à 12 kg d'aliment en plus entre 24 et 17 °C.

À l'opposé, lorsque l'alimentation est libérale, il semble que jusqu'à une température ressentie de 17 °C l'efficacité alimentaire n'est pas dégradée alors que dans le même temps la croissance est au maximum. Ce résultat suggère qu'en l'absence de problèmes sanitaires, et pour des animaux ayant un fort potentiel de croissance, la température optimale se situerait au-dessous 20 °C.

EFFET DES FLUCTUATIONS JOURNALIÈRES DE LA TEMPÉRATURE AMBIANTE

Schéma expérimental

Cinq essais successifs, portant chacun sur 192 porcs (entre 25 et 110 kg de poids vif), ont été mis en place pour comparer 4 traitements thermiques. Pour les 2 premières expérimentations, les animaux étaient maintenus à une température moyenne de 24 °C, soit de façon constante dans le temps, soit avec une variation sur la journée. Dans ce dernier cas, l'amplitude était de $\pm 1,5$; $\pm 3,0$ et $\pm 4,5$ °C. Dans le troisième essai, la température moyenne était de 28 °C, alors que pour les deux dernières études, le niveau moyen était de 20 °C avec, dans chaque cas, les mêmes variations journalières qu'à 24 °C. La figure 3 représente l'évolution de la température ambiante pour une journée moyenne. Les valeurs maximum et minimum sont maintenues durant 4 heures.

De plus, un photopériodisme est mis en place et fixé à 12 heures de jour (7 h – 19 h) et 12 heures de nuit (19 h – 7 h).

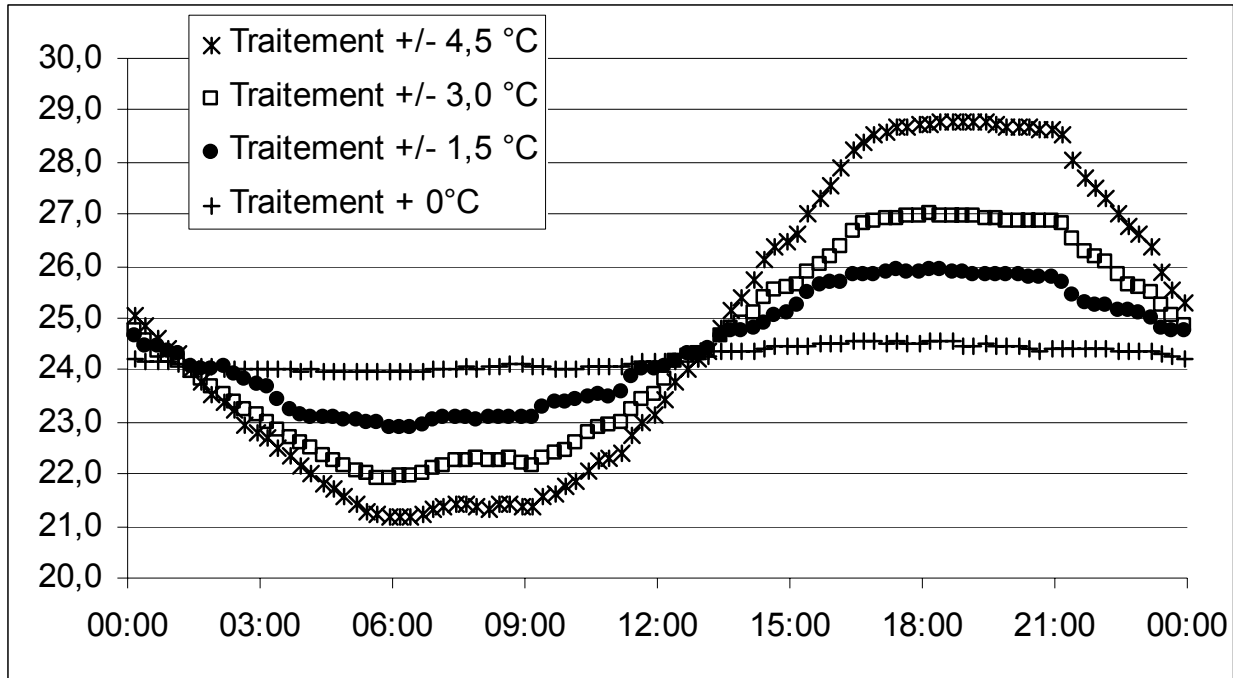


Figure 3. Évolution de la température ambiante pour une journée moyenne

Résultats

Tout d'abord, à 20 °C, les traitements n'ont pas d'effet sur les performances des animaux. Ce résultat s'explique par des conditions thermiques relativement neutres, dans la mesure où la température maximum n'atteint pas 25 °C et le minimum est supérieur à 16 °C.

Par contre, à 24 °C, l'augmentation de l'amplitude thermique au delà $\pm 1,5$ °C s'accompagne d'une baisse de la consommation d'aliment qui passe de 2,20 à 2,10 kg/j entre 24 ± 0 et $24 \pm 4,5$ °C (tableau 3). Pour la température moyenne de 28 °C, l'écart existe surtout entre 28 ± 0 et $28 \pm 1,5$ d'une part, et $28 \pm 3,0$ et $28 \pm 4,5$ d'autre part. Globalement, pour ces 2 niveaux de température ambiante, une amplitude supérieure à 1,5 °C sur 24 heures pénalise la consommation d'aliment.

A 28 °C, l'écart au niveau de la prise alimentaire se répercute directement sur la croissance. Par contre, à 24 °C, le GMQ est proche pour les 4 traitements. Ceci s'explique par un meilleur I.C. lorsque l'amplitude thermique journalière s'élève. Ce phénomène est difficile à expliquer, d'autant plus que ce résultat n'existe pas à 28 °C.

Tableau 3. Effets de l'amplitude thermique sur les performances

Température		± 0 °C	± 1,5 °C	± 3,0 °C	± 4,5 °C
20 °C	GMQ (g/j)	981	983	970	967
	Aliment (kg/j)	2,44	2,43	2,43	2,43
	I.C. (kg/kg)	2,52	2,50	2,54	2,53
24 °C	GMQ (g/j)	904	925	889	897
	Aliment (kg/j)	2,20	2,17	2,12	2,10
	I.C. (kg/kg)	2,44	2,36	2,40	2,37
28 °C	GMQ (g/j)	792 a	797 a	753 b	776 ab
	Aliment (kg/j)	1,91 ab	1,94 a	1,85 b	1,89 ab
	I.C. (kg/kg)	2,45	2,45	2,48	2,45

Ce constat peut être mis en parallèle avec le profil de consommation de ces animaux sur la journée. En effet, l'enregistrement horaire des consommations d'aliment montre 2 pics (figure 4), un le matin à l'allumage de la lumière, et un dans la soirée avant l'extinction de l'éclairage. Mais pour le traitement ± 4,5, il y a une baisse de la prise alimentaire pour la période préextinction et une activité alimentaire qui débute avant la présence de la lumière. Cet étalement de l'ingestion sur une période plus longue pourrait expliquer une meilleure valorisation de l'aliment par rapport à 2 prises alimentaires importantes.

Ce phénomène de prise alimentaire liée au cycle lumineux a déjà été rapporté par FEDDES et DESHAZER (1988) et LABROUE (1996). Ces auteurs suggèrent un conditionnement des porcs par la lumière qui déclenche une consommation accrue lors de l'allumage ainsi que durant la période précédant l'extinction. De même, à partir de résultats obtenus à 33 ± 7 °C vs 33 °C, FEDDES et DESHAZER (1988) concluent à une influence plus importante de la photopériode, que de la température, sur le profil de prise alimentaire journalière.

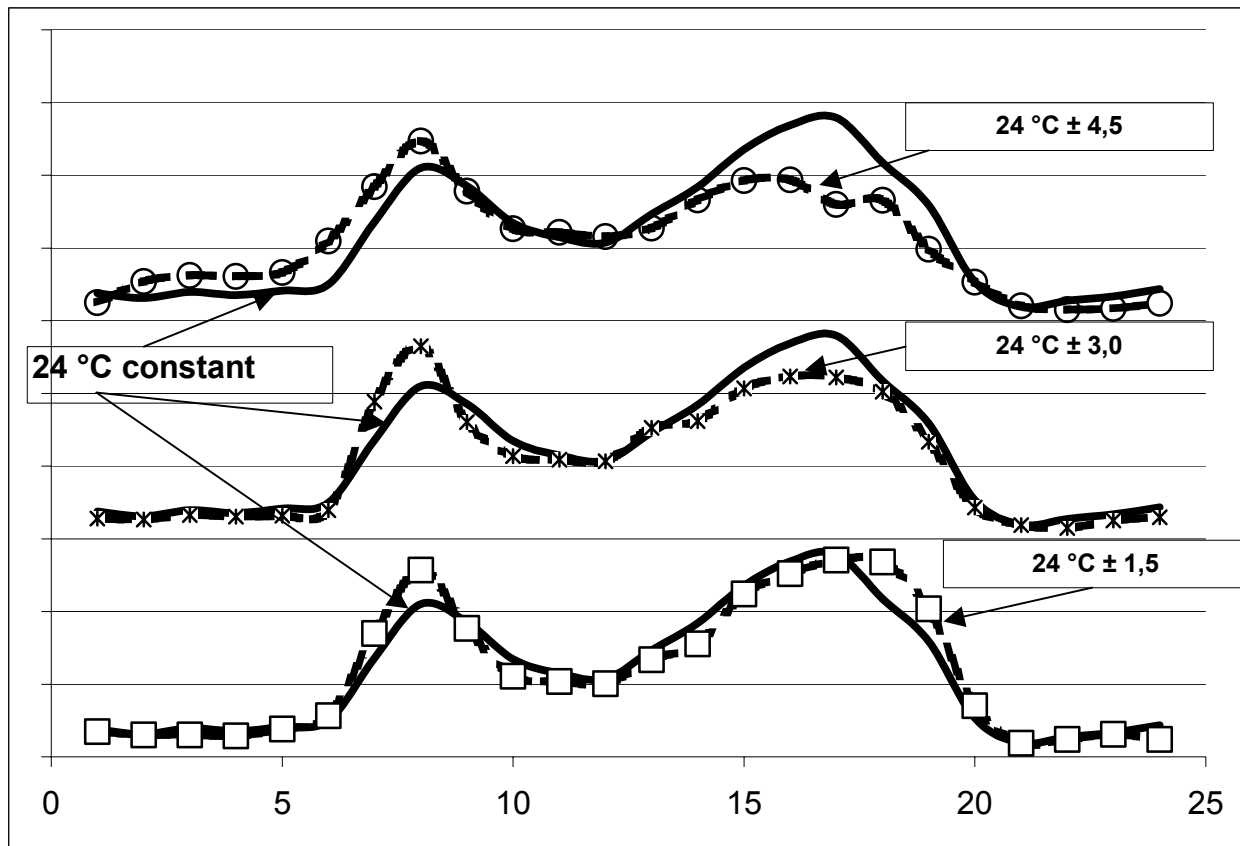


Figure 4. Évolution horaire de la consommation par porc à 24 °C

À 28 °C, ce phénomène d'étalement de l'alimentation n'est pas aussi marqué, ce qui pourrait expliquer l'absence d'effet sur l'I.C.

Pour ce niveau de température, les 4 traitements présentent un pic de consommation plus important le matin (figure 5), alors qu'à 24 °C les 2 valeurs sont assez proches.

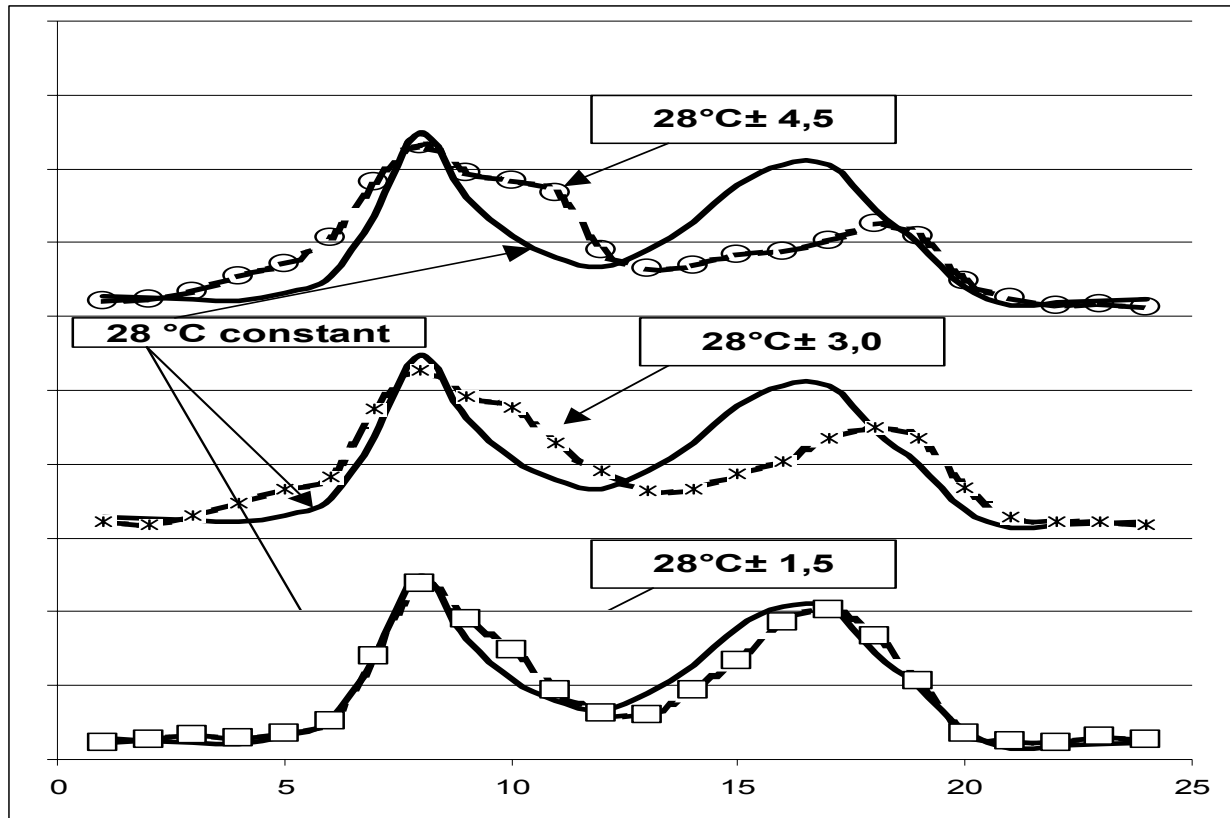


Figure 5. Évolution horaire de la consommation par porc à 28 °C

L'adaptation du porc à la variation de la température apparaît lorsqu'on décompose la prise alimentaire en période de jour et de nuit (tableau 4). À 24 °C, seul le traitement extrême ($\pm 4,5$) montre une baisse de la proportion d'aliment consommée le jour (73 % contre 80 %). À 28 °C, ce phénomène se manifeste dès $\pm 3,0$ °C. Un tel ajustement de la consommation a également été rapporté par XIN et DESHAZER (1991) chez des porcs en croissance soumis à une amplitude de $\pm 3,5$ °C autour 28,5 °C.

Malgré ce changement dans le comportement alimentaire, il n'y a pas compensation complète de l'aliment non ingéré au cours du deuxième pic de consommation.

Tableau 4. Répartition de la consommation entre les périodes diurne et nocturne

Température		± 0 °C	$\pm 1,5$ °C	$\pm 3,0$ °C	$\pm 4,5$ °C
20 °C	Aliment jour (%)	84	84	85	82
	Aliment nuit (%)	16	16	15	18
24 °C	Aliment jour (%)	80	82	80	72
	Aliment nuit (%)	20	18	20	28
28 °C	Aliment jour (%)	82	79	72	71
	Aliment nuit (%)	18	21	28	29

Pour l'essai mené à 28 °C, les porcs du régime avec l'amplitude la plus forte ont une prise alimentaire supérieure à ceux subissant une variation de $\pm 3,0$ °C. Ce phénomène suggérerait que lorsque les porcs sont placés dans une ambiance à 30 °C et plus, la compensation alimentaire ne s'effectue que dans la mesure où la température ambiante descend en dessous de 25 °C. En effet, dans les régimes $\pm 3,0$ et $\pm 4,5$, les animaux subissent une température maximum de 31 ou 32,5 °C, mais dans un cas le minimum de la salle sera de 25 °C alors que dans l'autre cas il sera de 23,5 °C.

À 20 °C, il y a peu de modifications du comportement alimentaire. Seuls les porcs soumis à l'amplitude maximum présentent une consommation plus faible l'après-midi (figure 6), mais compensée pendant la nuit. On peut aussi noter que le deux pics journaliers ne sont pas équivalents, celui de l'après-midi étant cette fois plus important.

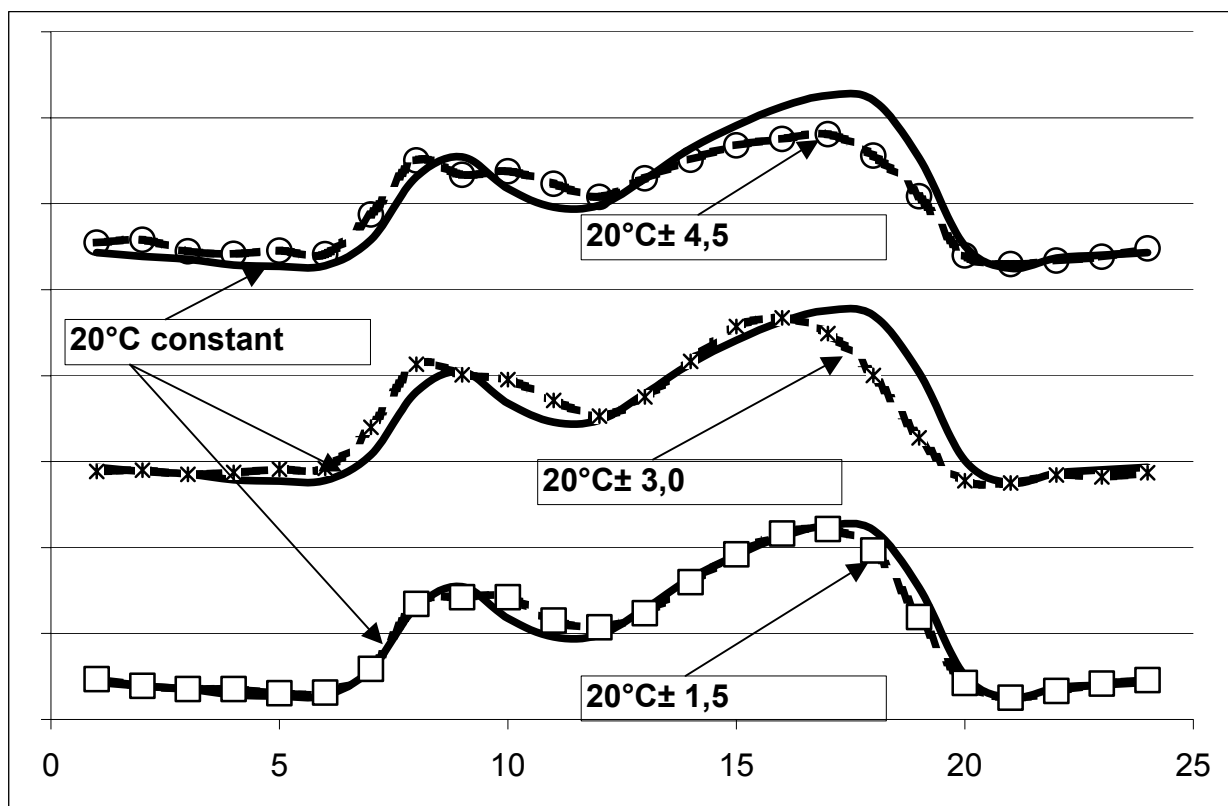


Figure 6. Évolution horaire de la consommation par porc à 20 °C

Parallèlement à la prise alimentaire, l'eau bue par les animaux a été enregistrée. Pour la température moyenne la plus élevée (28 °C), il apparaît un comportement différent au niveau de la boisson. Comme le montre la figure 7, lorsque la température est constante, les porcs boivent essentiellement au moment de la prise alimentaire. À l'opposé, lorsque la température ambiante s'élève l'après-midi, la consommation d'aliment chute mais la quantité d'eau ingérée s'accroît.

Ce comportement s'explique par l'accroissement des pertes en eau du porc via la respiration, notamment en conditions de stress thermique. Ce phénomène est à prendre en compte lorsqu'il n'y a pas d'eau disponible en permanence pour l'animal (machine à soupe) afin de ne pas pénaliser d'avantage la prise alimentaire.

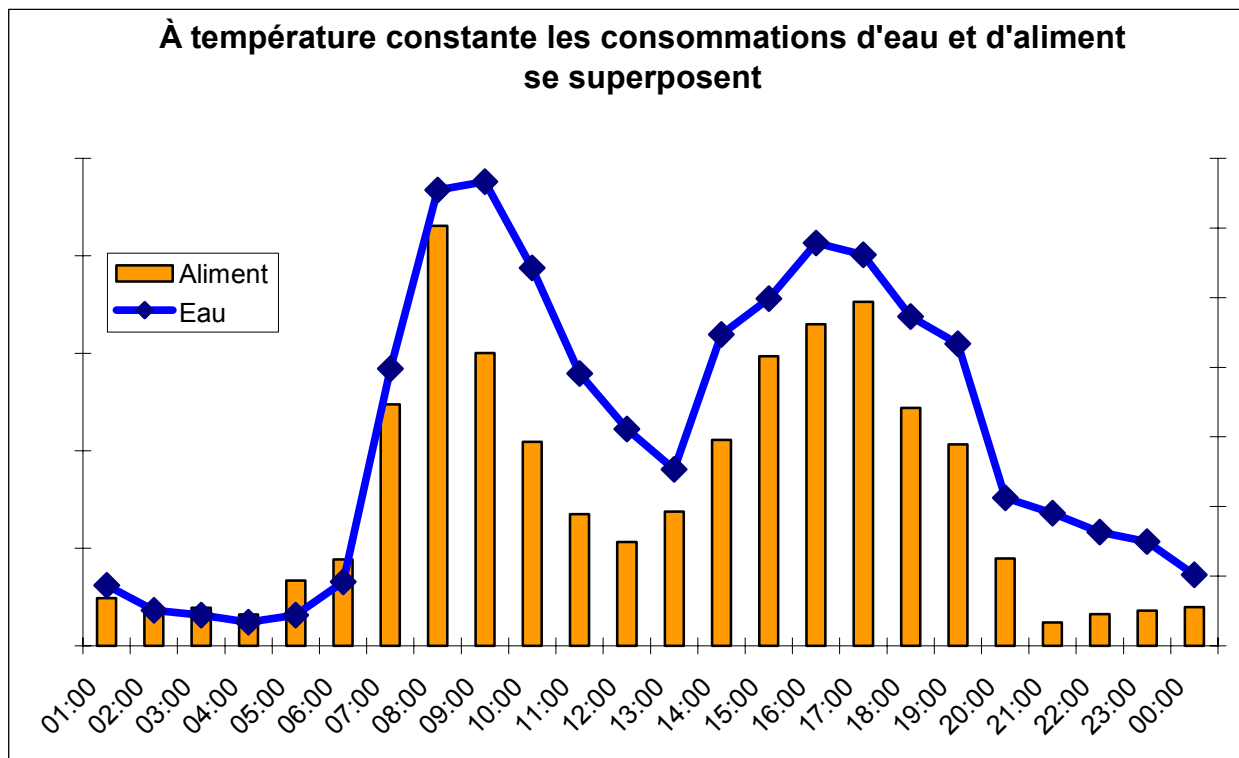


Figure 7. Évolution de la prise alimentaire et de la consommation d'eau au cours de la journée

Les résultats obtenus lors de ces essais amènent à des conclusions différentes selon le niveau de température moyen étudié. À 20 °C, il n'apparaît pas d'effet de l'amplitude thermique. Par contre, à 24 °C il semble qu'il existe un seuil de température (26-27 °C) au-delà duquel la consommation est altérée. Pour des températures élevées, il apparaît possible que les animaux compensent la baisse de consommation observée lors du pic de chaleur par une prise alimentaire accrue quand la température intérieure descend au-dessous de 25 °C. Ceci soulève plusieurs interrogations, notamment la notion de seuil critique de température en terme d'altération des performances, mais aussi de durée de récupération des animaux placés en conditions de stress thermique.

Par ailleurs, lors de fortes chaleurs le jour, le conditionnement très fort des animaux au cycle lumineux pourrait servir à stimuler la prise alimentaire durant les périodes de nuit où les conditions thermiques sont plus favorables.

Enfin, la cinétique de la consommation d'eau lorsqu'il fait chaud durant la journée montre que tous les animaux vont boire au même moment. Il faudra veiller à ce que le système d'alimentation en eau permette d'apporter un débit suffisant pour l'ensemble des porcs de l'élevage.

EFFET DE LA VITESSE DE L'AIR SUR LE COMPORTEMENT ET LES PERFORMANCES

Schéma expérimental

L'expérimentation porte sur deux bandes de 192 porcs entre 27 et 112 kg de poids vif. Pour chaque essai, deux niveaux de température ambiante sont étudiés avec, pour chacun d'eux, l'existence ou l'absence (vitesse inférieure ou égale à 0,2 m/s) d'une vitesse de l'air au niveau des animaux. Les températures étudiées sont : premièrement 24 et 28 °C, et deuxièmement 20 et 24 °C. L'humidité relative est maintenue à 55-60 %. La vitesse de l'air à 0,30 m au-dessus du sol augmente tous les 14 jours pour atteindre 1,30 m/s à J42 (figure 8).

Pour créer le mouvement d'air, deux salles ont été équipées de quatre brasseurs (MIX'AIR AG TECH 56, OCENE). Ces appareils, placés à 2,00 m du sol, sont positionnés sur les barrières de séparation. Le diamètre est de 1,42 m, pour une vitesse maximum de rotation de 290 tours par minute. Un variateur de tension, par salle, permet de modifier la vitesse de rotation des quatre brasseurs.

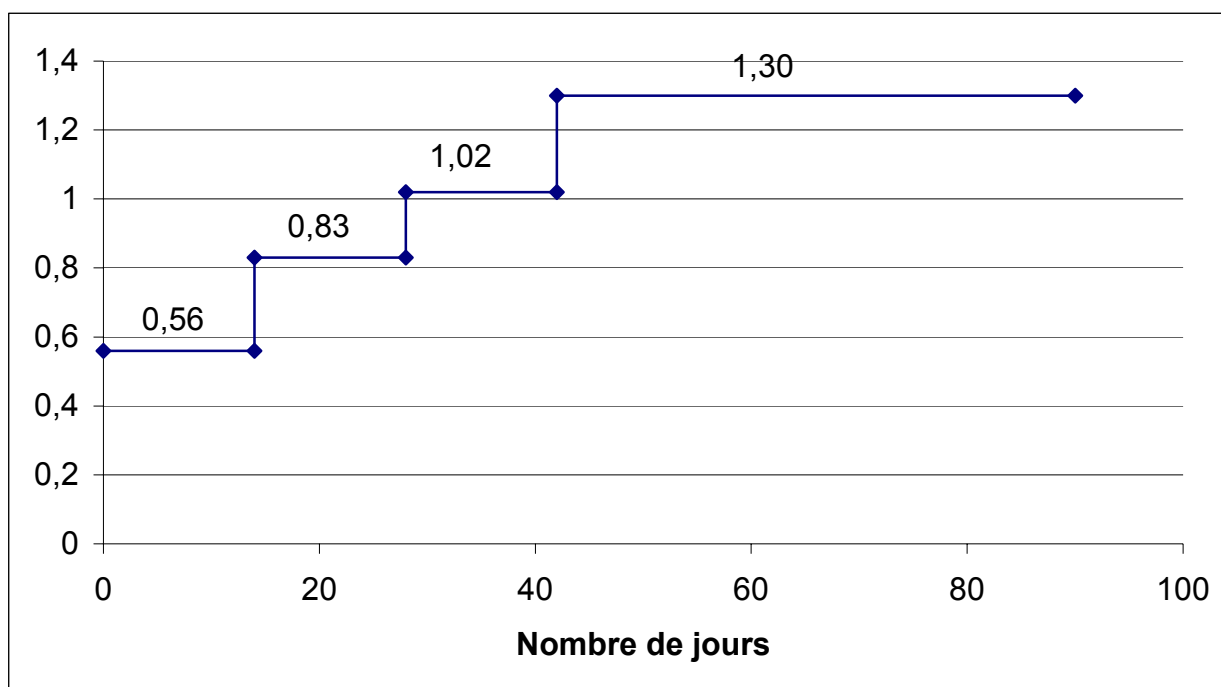


Figure 8. Évolution de la vitesse de l'air au cours de l'essai

Pour le deuxième essai, une notation de comportement des animaux a été réalisée. Pour cela, six loges par salle sont observées depuis l'extérieur, deux fois par jour (à 11 h et 16 h). Ces notations sont réalisées à raison de 5 journées par période de 14 jours. Pour chaque loge, il est noté le nombre de porcs couchés ou debout, ainsi que l'activité alimentaire (eau ou aliment). Pour ceux qui sont couchés, le nombre d'animaux blottis est relevé (plus de 50 % de la surface en contact avec un congénère).

Résultats

Performances zootechniques

Le niveau de température ambiante de 24 °C étant repris dans les deux essais, et les résultats obtenus étant proches, tant sur le plan des croissances que de la consommation d'aliment, les données du tableau 5 reprennent la moyenne des deux essais.

Conformément aux données de la bibliographie (NICHOLS *et al.*, 1982; NIENABER *et al.*, 1983), et en accord avec nos travaux antérieurs (MASSABIE *et al.*, 1996 et 1998), la croissance diminue avec l'élévation de la température ambiante (tableau 5). Cette baisse est de 78 g/j entre 28 et 24 °C et de 15 g/j entre 24 et 20 °C. Ces chiffres sont plus faibles que ceux obtenus dans des essais antérieurs où les valeurs étaient respectivement de 91 et 40 g/j (MASSABIE *et al.*, 1997).

La présence de vitesse de l'air se traduit par une augmentation de la croissance qui va de 100 g/j à 28 °C à 11 g/j à 20 °C. Ce phénomène est lié à l'accroissement de la consommation d'aliment qui est de 340 g/j à 28 °C pour passer à 160 g/j à 20 °C. CLOSE (1989) donne, à thermoneutralité, un ingéré accru de 40 g/j lorsque la vitesse de l'air s'élève de 0,1 au-delà de 0,2 m/s. Nos résultats sont proches puisque l'augmentation de la vitesse de 0,2 à 1,00 m/s correspondrait à 320 g d'aliment en plus par jour. Mais à 24 et 20 °C, l'accroissement de la prise alimentaire est plus faible. Ce résultat peut s'expliquer par une limite physique d'ingestion puisque tant à 24 qu'à 20 °C avec vitesse de l'air, la consommation moyenne d'aliment pour la période plafonne à 2,48 kg/j. Cependant, à 24 °C, la croissance maximum obtenue laisse supposer que le refroidissement engendré par le courant d'air a été compensé par un apport alimentaire supplémentaire suffisant. En revanche, à 20 °C, le GMQ est dégradé. Dans ce cas, les animaux n'ont pas pu accroître suffisamment la consommation d'aliment pour faire face à l'augmentation des pertes de chaleur.

L'effet de refroidissement du courant d'air apparaît clairement sur l'I.C. En effet, ce dernier s'accroît de 0,1 point avec la présence de vitesse de l'air, tant à 28 qu'à 24 °C. Par contre, la dégradation de l'efficacité alimentaire est plus forte à 20 °C : plus 0,14. Ceci suggère que dans ce cas les animaux sont placés à une température ressentie inférieure ou égale à la température critique inférieure.

Un effet semblable est observé pour l'abreuvement. Quelle que soit la température ambiante, le taux de dilution est plus faible pour les traitements avec vitesse de l'air. Par ailleurs, la différence obtenue entre l'eau consommée à 28 et 24 °C donne une diminution de la dilution de 0,2 par degré. Cette valeur est de 0,18/°C entre 20 et 24 °C. Ces chiffres sont supérieurs à ceux généralement cités de 0,1/°C (YANG *et al.*, 1981; MASSABIE *et al.*, 1996).

Tableau 5. Performances zootechniques

Traitement	28 °C + V	28 °C	24 °C + V	24 °C	20 °C + V	20 °C	Test stat.
GMQ P1-108 kg (g/l)	946 ab	845 c	962a	909 ab	921 ab	909 ab	T, S
Consommation (kg/j)	2,34 ab	2,00 c	2,47 a	2,26 b	2,48 a	2,32 ab	T, S
I.C. (kg/kg)	2,52 b	2,42 c	2,60 ab	2,53 b	2,71 a	2,57 b	T, S
Dilution (l/kg)	3,13	4,13	2,70	3,49	2,59	2,92	

Test statistique incluant l'effet du traitement (T), du sexe (S) et l'interaction.

Pas d'analyse statistique sur le taux de dilution

La réduction de la consommation d'eau observée dans ces deux expérimentations peut être utilisée pour estimer la température ressentie par l'animal. À 28 °C, la différence est de 1 L/kg, soit l'équivalent d'une baisse de la température de 5 °C. A 24 °C, cet abaissement est de 5,2 °C. Globalement, tant pour la consommation d'aliment que pour l'abreuvement, la vitesse appliquée dans ces deux essais (de 0,56 à 1,30 m/s) correspond à un refroidissement de 5 °C, soit en moyenne 1 °C pour 0,2 m/s. Cette diminution de la température ressentie est supérieure à celle de 1 °C pour 0,30 m/s rapportée par VERSTEGEN et VAN DER HEL (1974) pour des porcs de 60 kg élevés en groupe. Ceci peut s'expliquer par une isolation thermique plus faible des génotypes actuels, liée à une réduction de l'épaisseur de lard.

Données comportementales

Nos observations (tableau 6) montrent que plus de 80 % des porcs sont couchés, ce qui est en accord avec BAXTER (1984) et DUCREUX *et al.* (2002). Pour les porcs placés à 24 °C sans vitesse, cette proportion est plus élevée, traduisant une activité réduite. Ce phénomène a été montré par SCHEEPENS *et al.* (1991) sur des porcelets sevrés exposés ou non à un courant d'air intermittent. Cette différence entre salles s'explique aussi par un accroissement de la consommation d'aliment, les porcs non couchés ayant pour plus de 50 % d'entre eux une activité alimentaire.

Tableau 6. Comportement

Traitement	24 °C + V	24 °C	20 °C + V	20 °C	Test stat.
Porc debout (%)	16,9 a	13,3 b	18,2 a	18,7 a	T,
dont aliment ou eau (%)	9,2	7,7	10,3	9,3	N.S.
Porcs couchés (%)	83,1 b	86,7 a	81,8 b	81,3 b	T,
Porcs blottis (%)	48,0 b	15,7 d	95,6 a	35,2 c	T

Test statistique incluant l'effet du traitement (T)

Par ailleurs, le pourcentage d'animaux blottis augmente de 24 °C à 20 °C avec vitesse de l'air. Or, BOON (1981) a montré que ce critère augmente linéairement avec l'abaissement de la température ambiante. Dans ce cas, la température ressentie par les porcs serait plus faible à 24 °C avec vitesse qu'à 20 °C sans courant d'air. Ceci conforte les résultats obtenus pour la prise alimentaire.

En conclusion, les mouvements d'air au niveau des animaux provoquent un refroidissement qui se traduit à la fois par une augmentation de la consommation spontanée d'aliment, mais aussi par un accroissement des pertes de chaleur et donc par une moins bonne efficacité alimentaire. Cette dégradation de l'indice de consommation est plus forte à température basse (20 °C). Par ailleurs, les porcs modifient leur comportement pour lutter contre le froid. Cela consiste essentiellement à se blottir entre eux et à rechercher les zones de couchage les plus confortables. Les vitesses appliquées dans ces essais correspondent à un refroidissement de 5 °C à 24 et 28 °C. Il est de ce fait possible de limiter le stress thermique en période estivale. Il conviendrait alors d'approfondir la gestion de la vitesse de l'air, à température élevée, comme notamment le seuil de déclenchement. De même, l'augmentation progressive du courant d'air en fonction de la température ambiante pourrait permettre de maintenir le niveau de performances sans provoquer un refroidissement trop important générateur d'un surcoût alimentaire. En revanche, pour des températures basses, même en l'absence de problèmes sanitaires, les courants d'air au niveau des animaux doivent être limités au maximum (la vitesse maximum étant inférieure à 0,4 m/s)

EFFET DU NOMBRE DE PORCS PAR CASE, DE LA SUPERFICIE DE PLANCHER PAR PORC ET DU TYPE DE PLANCHER

Schéma expérimental

Comparaison du type de plancher

Deux essais ont été menés. Pour chacun, 80 porcs (de 25 à 112 kg de poids vif) ont été répartis dans deux salles de quatre cases identiques. Une salle dispose de sols de type caillebotis partiel dans lesquels le sol plein occupe 50 % de la case et est situé à l'avant. Le nourrisseur est posé sur la partie pleine. Les cases de l'autre salle sont sur caillebotis intégral. La surface disponible par porc est de 0,97 m². Les deux salles sont éclairées de 8 h à 18 h, et les consignes de ventilation sont identiques entre les salles.

Nombre de porcs par case

Le dispositif permet d'étudier le facteur taille du groupe dans le cas du caillebotis partiel avec 8 ou 24 animaux par case. Chaque traitement est affecté à une salle :

- Traitement 1 caillebotis partiel 8 porcs par case (CP) : 6 loges de 7 m², disposant d'un gisoir représentant 53 % de la surface disponible, le reste étant du caillebotis béton. Chaque case est composée de 4 mâles castrés et de 4 femelles, soit 0,85 m²/porc. Les loges disposent d'un nourrisseur de 40 cm de large et d'un abreuvoir.
- Traitement 2 caillebotis partiel 24 porcs par case (CP24): 2 loges de 21 m², disposant d'un gisoir représentant 57 % de la surface disponible. Chaque case est composée de 12 mâles castrés et de 12 femelles, soit 0,85 m²/porc. Les loges sont munies d'un nourrisseur de 1,20 m et de 2 abreuvoirs.

Superficie de plancher par porc

168 porcs ont été mis en lots en fonction du sexe et du poids vif. Les animaux sont répartis dans quatre salles, chacune correspondant à un traitement.

Le dispositif expérimental est de type factoriel (2 x 2). Pour chaque essai, deux niveaux de température ambiante sont étudiés (20 et 24 °C) avec pour chacun d'eux, deux surfaces disponibles par porc (0,70 ou 0,93 m²). Lors de la perte ou du retrait d'un animal, la case est réduite à l'aide d'une barrière amovible de façon à obtenir une surface disponible pour les animaux restant conforme au traitement.

Au total, ce sont 8 loges de castrats et 8 loges de femelles qui sont constituées. Pour chaque sexe, les cases reçoivent 9 ou 12 animaux selon la densité étudiée.

L'humidité relative est maintenue à 55-60 %. Le taux de renouvellement de l'air est identique pour chaque module et augmente par palier de 15 à 50 m³/h/porc entre le début et la fin de l'expérimentation.

Résultats

Comparaison du type de plancher

Les animaux élevés sur caillebotis partiel ont présenté une croissance significativement supérieure à ceux élevés sur caillebotis intégral (tableau 8), l'écart étant de 20 g et existe pour les deux répétitions. On peut considérer que cette surface de 0,97 m² par porc se situe dans la zone optimale pour leur croissance (GONYOU, 1998, NRC 1993, BRUMM, 1996) et qu'elle n'est pas un facteur limitant. L'aspect économique de l'accroissement de la surface n'a pas été considéré. La différence observée au niveau de la croissance provient d'une moins bonne conversion alimentaire sur caillebotis intégral. Ce phénomène est difficile à expliquer. Une hypothèse est qu'en caillebotis intégral avec une extraction basse, les porcs subissent un renouvellement d'air autour d'eux plus important qu'avec la présence d'un gisoir. Ceci peut engendrer en fonction des conditions de température un refroidissement plus important.

Tableau 8. Performances de croissance

	Caillebotis partiel	Caillebotis intégral	E.T.R.
GMQ (g/j)	851 a	831 b	81
Aliment (kg/j)	2,12	2,13	
I.C. (kg/kg)	2,53	2,63	

L'aliment et l'I.C. n'ont pas été traités (4 données par traitement)

Nombre de porc par case

La taille du groupe a un impact sur le niveau de performances, mais variable suivant les répétitions (tableau 9), avec des résultats soit identiques entre 8 et 24 porcs par case, soit supérieurs pour 24 porcs ($p < 0,01$). Cet effectif par groupe n'a donc pas un effet systématiquement positif sur le GMQ, ce qui rejoint les résultats de NIELSEN (1993), cité par SPOOLDER, (1999) et de WALKER (1991), cités par GONYOU, (1998). Ainsi, suivant les conditions, notamment de température, l'augmentation de la taille du groupe de porcs aura un effet bénéfique ou non. Ainsi, lors de la répétition 2, la saison était plus chaude en fin d'engraissement et la possibilité pour les animaux de disposer d'une plus grande case a pu jouer sur l'amélioration des performances.

Tableau 9. Performances de croissance

		Caillebotis partiel 8 porcs	Caillebotis partiel 24 porcs	E.T.R.
GMQ (g/j)	Répétition 1	937	923	106
	Répétition 2	818 b	889 a	

Superficie de plancher par porc

L'analyse des performances de croissance (tableau 10) montre une croissance significativement inférieure pour les animaux placés à 24 °C et disposant de la surface la plus faible, les porcs du traitement 20 °C et 0,93 m² ayant des performances significativement plus élevées.

Les écarts observés s'expliquent en grande partie par les niveaux de consommation. En effet, il y a, pour une même densité, une prise alimentaire plus importante pour la température de 20 °C. L'accroissement de la prise alimentaire est de 50 g/j/°C au dessous 24 °C pour les animaux ayant le moins de place, valeur proche de celle généralement citée (CLOSE, 1989; MASSABIE *et al.*, 1996 et 1998; RINALDO et LE DIVIDICH, 1991).

Tableau 10. Performance zootechniques et comportement alimentaire

Traitement	24 °C	24 °C	20 °C	20 °C	ETR
	0,7 m ²	0,9 m ²	0,7 m ²	0,9 m ²	
Poids début (kg)	25,4	25,4	25,4	25,4	1,53
Poids fin (kg)	114,1	113,8	114,5	113,7	5,58
GMQ Pesée 1-110 kg (g/j)	920 c	959 b	975 b	1006 a	66,94
Consommation (kg/j)	2,20 b	2,29 ab	2,40 a	2,42 a	0,06
I.C. (kg/kg)	2,45	2,41	2,48	2,46	0,08
Nombre accès/porc	50,9 c	57,0 b	53,1 c	73,0 a	
Temps/j/porc (min)	49,7 c	50,4 c	53,7 b	57,9 a	
Durée accès (s)	59,4 b	54,2 c	63,7 a	50,0 d	
Aliment/accès (g)	41,6 b	41,1 b	48,0 a	34,2 c	
Vitesse d'ingestion (g/min)	42,9	45,7	44,9	42,7	

L'écart est moins important pour les porcs placés à la densité la plus faible. Pour ce qui touche à la surface par porc, les animaux disposant de plus de place présentent des croissances supérieures. Ce phénomène a été reporté par HYUN *et al.* (1998), mais dans ce cas, la baisse du GMQ était due à une détérioration de l'efficacité alimentaire. Dans nos conditions expérimentales, c'est la baisse de la consommation d'aliment qui est responsable de la diminution de la croissance. C'est ce qui a été rapporté par KORNEGAY et NOTTER en 1984 cités par CLOSE (1995), où l'accroissement de 0,1 m² de la surface par porc se traduisait par une augmentation de la prise alimentaire de 50 g/j. Cette valeur est proche de celle obtenue à 24 °C (45 g/j). Par contre à 20 °C, la différence mesurée est plus faible (10 g/j par 0,1 m²).

Le temps passé au nourrisseur est très proche pour l'ensemble des traitements. Cette valeur, en moyenne sur la période, est inférieure à une heure par jour. Par contre, la durée moyenne d'un accès par porc au nourrisseur est plus élevée pour les traitements 0,7 m² à 20 et 24 °C de température ambiante. De la même façon, la quantité d'aliment consommée par accès est plus importante pour ces traitements.

Enfin, la vitesse d'ingestion est peu différente entre les différents régimes et est comprise entre 43 et 46 g par minute.

Ainsi, le comportement alimentaire des animaux a aussi été affecté par la densité. Outre les variables directement liées à la quantité d'aliment consommé (temps et nombre d'accès par porc), il apparaît que les animaux disposant de moins de surface font moins d'accès au nourrisseur, mais d'une durée plus longue et avec donc plus d'aliment consommé. Ceci a été obtenu par HYUN *et al.* (1998) pour les critères visites par jour, durée de la visite et quantité d'aliment par visite.

Par ailleurs, les niveaux de température étudiés n'induisent pas de changement notable des caractéristiques de la prise alimentaire, ce qui est en accord avec QUINIOU *et al.* (1998) pour une plage de température de 19 à 25 °C. De même, les variables vitesse d'ingestion et temps par porc et par jour sont très proches de celles rapportées par cet auteur ainsi que celles de LABROUE *et al.* (1996).

Pour les critères de densité, de nombre de porcs par case et de types de plancher, les conclusions apparaissent parfois divergentes. Il semble toutefois que l'accroissement de la surface disponible par porc améliore les performances de croissance. Cependant, l'augmentation du coût du bâtiment ne sera pas forcément compensée.

CONCLUSION

Il apparaît clairement que l'environnement dans lequel est placé le porc à l'engrais joue un rôle prépondérant sur les performances des animaux. Il ressort de cette série d'expérimentations plusieurs points importants.

Tout d'abord, la notion de température optimum est dépendante du niveau alimentaire des animaux. Ainsi, le porc alimenté à volonté va supporter des températures plus froides que l'animal élevé en conditions rationnées. De même, il convient d'être vigilant sur l'apparition de vitesses de l'air qui, outre les problèmes sanitaires qu'elles peuvent engendrer, peuvent placer l'animal en dessous de sa température critique inférieure et pénaliser fortement les performances (accroissement du coût alimentaire).

A l'opposé, pour lutter contre un environnement thermique défavorable (température chaude), l'utilisation de la vitesse d'air peut s'avérer intéressante. De plus, lorsque la température fluctue sur la journée pour atteindre des valeurs élevées dans l'après-midi, il est intéressant de privilégier un refroidissement modéré la nuit afin de permettre à l'animal de récupérer. Dans le même temps, tout ce qui peut stimuler sa prise alimentaire durant cette période où la température diminue va permettre de compenser en partie la sous-consommation due au stress thermique. En alimentation par machine à soupe, il faudra réaliser essentiellement des repas la nuit et tôt le matin. En alimentation sèche, l'éclairage nocturne peut aussi jouer un rôle pour inciter les animaux à consommer. L'observation de l'abreuvement spontané montre que le porc a besoin d'eau en période chaude. Il convient dès lors, en alimentation humide, de réaliser un repas d'eau l'après-midi.

Enfin, la surface disponible par porc semble jouer un rôle non négligeable sur les performances, même pour des températures neutres. L'augmentation de la prolificité, dans une chaîne de bâtiment existante, peut entraîner une augmentation du nombre de porcs pour une même case. La diminution de l'espace disponible par animal risque de dégrader les performances.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BAXTER S., 1984, Intensive Pig Production : Environmental management and design, Granada Publishing, London, 588 p.

BOON C.R., 1981, Anim. Prod., 33, 71-99.

BRUMM M.C., NCR-89 COMMITTEE ON MANAGEMENT OF SWINE. 1996. J. Anim. Sci. 74 :745-749.

CLOSE W.H., HEAVENS R.P., BROWN D., 1981, Anim. Prod., 32, 75-84.

CLOSE W.H., 1987. The influence of the thermal environment on the productivity of pigs, British Soc. Anim. Prod.11. 87-96.

CLOSE W.H., 1989. The voluntary Food Intake of Pigs. Occasional Publication n° 13, British Soc. Anim. Prod. J.M. Forbes, M.A. Varley and T.L.J. Lawrence editors. 87-96.

CLOSE W. H., 1995, Housing systems to provide the optimum environment, Illinois's Pork Industry Conference.

DUCREUX E., ALOUI B., DOURMAD J. Y., COURBOULAY V., MEUNIER- SALAÜN M. C., 2002, Journ. Rech. Porc. en France, 34, 211-216.

FEDDES J.J.R., DESHAZER J.A., 1988, Trans. of A.S.A.E., 31, 1203-1210.

GONYOU H.W., STRICKLING W.R., 1998. J. Anim. Sci., 76, 1326-1330.

HYUN Y., ELLIS M., JOHNSON R. W., 1998, J. Anim. Sci., 76, 2771-2778.

Labroue F., 1996. Aspects génétiques du comportement alimentaire chez le porc en croissance. Thèse ENSAR, 173 pp.

LE DIVIDICH J., DESMOULIN B., DOURMAD J.Y., 1985, Journées de la Recherche Porcine en France, 17, 275-282.

MASSABIE P., GRANIER R., ROUSEAU P., 1994, Journ. Rech. Porc. en France, 26, 63-70.

MASSABIE P., GRANIER R., LE DIVIDICH J., 1996, Journ. Rech. Porc. en France, 28, 189-194.

MASSABIE P., GRANIER R., LE DIVIDICH J., 1997, Int. Livestock Environment Symposium, V, 1010-1016.

MASSABIE P., GRANIER R., LE DIVIDICH J., 1998, Journ. Rech. Porc. en France, 30, 325-329.

NICHOLS D.A., AMES D.R., HINES R.H., 1982, 2nd Int. Liv. Env. Symp., 376-379.

NIENABER J.A., LEROY HAHN G.L., 1983. ASAE Paper N MCR, 83-137, St Joseph, HL 49085.

NCR.89–Committee on Confinement Management of Swine. 1993. J. Anim. Sci., 71,1088-1091.
QUINIOU N., NOBLET J., LE DIVIDICH J., DUBOIS S., LABROUE F., 1998, Journ. Rech. Porc. en France, 30, 319-324.

RINALDO D., LE DIVIDICH J., 1991. INRA Prod. Anim., 4(1), 57-65.

SCHEEPENS C.J.M., TIELEN M.J.M., HESSING M.J.C., 1991, Livestock Prod. Sci., 29, 241-254.

SPOOLDER H.A.M., EDWARDS S.A., CORNING S., 1999. Anim. Sci., 69, 481-489.

VERSTEGEN M.W., VAN DER HEL W., 1974, Anim. Prod., 18, 1-11.

VERSTEGEN M.W., VAN DER HEL W., 1976, Energy Metabolism of Farm Animals (ed. Vermorel) Bussac, Clermont Ferrand, 347-350.

XIN H., DESHAZER J.A., 1991, Trans. of A.S.A.E., 34, 2533-2540.

YANG T.S., HOWARD B., MC FARLANE W.V., 1981. App. Anim. Ethology, 7, 259-270.