

Influence de l'élévation de la température ambiante et du poids vif sur le comportement alimentaire des porcs en croissance élevés en groupe

Nathalie QUINIOU (1), J. NOBLET (2), J. LE DIVIDICH (2), S. DUBOIS (2), Florence LABROUE (3)

- (1) I.T.P., Pôle Techniques d'Élevage - La Motte au Vicomte, BP 3, 35651 Le Rheu Cedex
(2) I.N.R.A., Station de Recherches Porcines - 35590 Saint-Gilles
(3) I.T.P., Pôle Amélioration de l'Animal - La Motte au Vicomte, BP 3, 35651 Le Rheu Cedex

*Cette étude a été réalisée à la Station de Recherches Porcines (INRA-Saint-Gilles)
avec la collaboration technique de*

F. Le Gouëvec et A. Roger pour l'expérimentation sur animaux et de Sylviane Daniel pour les analyses de laboratoire.

Influence de l'élévation de la température et du poids vif sur le comportement alimentaire des porcs en croissance élevés en groupe

Le comportement alimentaire individuel de porcs en croissance issus d'un croisement Piétrain x Large White est étudié à partir de groupes de 3 ou 4 porcs à deux stades de croissance (S1 et S2) correspondant respectivement à des poids moyens de 49 et 75 kg. Pendant chaque stade, les porcs sont soumis à des températures variant par paliers de 19 à 29°C et de 29 à 19°C; la température est maintenue constante pendant 3 ou 4 jours consécutifs aux paliers suivants: 19, 22, 25, 27 ou 29°C. Le nombre de repas n'est pas influencé par le traitement thermique (10,4 en moyenne), mais lorsque l'on passe de 19 à 29°C, la taille du repas et la durée d'ingestion par repas diminuent respectivement de 265 à 195 g et de 9 à 6 minutes. Il en résulte une diminution moyenne de la consommation d'aliment de 65 g/°C entre 19 et 29°C. Une équation est proposée afin de prédire la consommation d'aliment à partir de la température et du poids vif des porcs considérés comme des covariables. Cette équation permet de mettre en évidence que les effets de la température et du poids vif sur l'appétit ne sont pas linéaires et qu'une interaction significative existe entre ces deux facteurs. En effet, la chute de consommation est d'autant plus importante que la température est élevée et que les porcs sont lourds. Ainsi, entre 19 et 25°C, la prise alimentaire baisse de 28 g/°C/j contre 80 g/°C/j entre 25 et 29°C à S1. Les valeurs correspondantes à S2 sont de 70 et 122 g/°C/j).

Influence of increasing temperature and live weight on the feeding behaviour of group-housed growing pigs

The individual feeding behaviour of group-housed Piétrain x Large White barrows was studied in groups of 3 to 4 pigs over two stages of growth (S1 and S2), corresponding to respective average live weights of 49 and 75 kg. For each stage of growth, room temperature varied in a cyclic way from 19 to 29°C and 29 to 19°C with 3 or 4 consecutive days at each of the following temperatures: 19, 22, 25, 27 or 29°C. Daily number of meals was not affected by temperature (10.4 on average), but both meal size and meal duration decreased between 19 and 29°C: from 265 to 195 g and from 9 to 6 minutes, respectively. This corresponded to an average decrease of 65 g/°C of daily feed intake between 19 and 29°C. An equation is proposed to predict the voluntary food intake from temperature and body weight as covariates. According to this equation, the effects of temperature and body weight were not linear and a significant interaction was found between temperature and body weight. Indeed, the reduction in food intake was more pronounced at the highest temperatures and in heaviest pigs. At S1, the daily feed intake decreased by 28 g/°C/d between 19 and 25°C and by 80 g/°C/d between 25 and 29°C. At S2, the corresponding values were 70 and 122 g/°C/d, respectively.

INTRODUCTION

Outre la sélection génétique, les conditions d'élevage, en particulier la température, influencent la prise alimentaire des porcs en croissance, et par voie de conséquence leur niveau de performance. Au froid, l'augmentation de la consommation d'aliment permet aux animaux de maintenir la quantité d'énergie disponible pour la croissance. À l'inverse quand la température augmente au-delà de la zone de confort thermique, la consommation d'aliment, et par conséquent la thermogénèse associée, diminue assez fortement en relation avec une réduction des capacités de thermolyse. Or, les problèmes liés aux températures élevées (chaud) se posent de plus en plus fréquemment dans la mesure où les animaux y sont soumis de façon prolongée sous certains climats ou de façon plus ponctuelle en Europe, et ce dans un contexte d'amélioration des qualités d'isolation et de ventilation des bâtiments. Ainsi, MASSABIE et al (1996), en accord avec RINALDO et LE DIVIDICH (1991) chez le porcelet, montrent que, chez le porc en croissance, l'augmentation de la température de 20 à 28°C s'accompagne d'une diminution de l'appétit (-17 %) et de la vitesse de croissance; à l'abattage, les porcs élevés au chaud sont plus maigres que ceux élevés à 20°C.

Les effets de la température sur les composantes du comportement alimentaire ont été étudiés récemment dans le cas de l'exposition à des températures froides (NIENABER et al, 1990; QUINIOU et al, 1997), mais, pour les températures chaudes, les résultats disponibles sont plus anciens (NIENABER et LEROY-HAHN, 1983). L'objectif de notre expérience est donc de caractériser les effets de l'élévation de la température sur l'appétit et les composantes du comportement alimentaire de porcs se caractérisant par une faible adiposité et étudiés à différents stades de croissance.

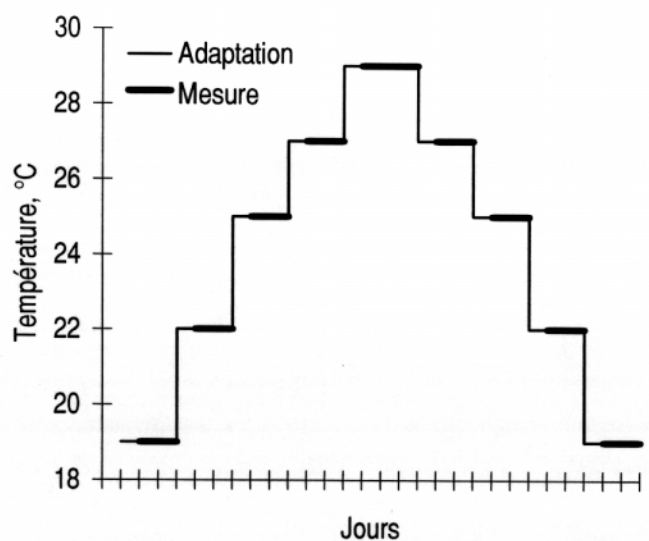
1. MATÉRIELS ET MÉTHODES

1.1. Dispositif expérimental

L'expérience porte sur deux groupes de mâles castrés issus d'un croisement Porc de Piétrain × Large White (PP×LW). Cinq à six porcs, issus de portées différentes, sont regroupés quand ils atteignent 15 kg de poids vif (PV). Puis, vers 30 kg, 4 porcs par groupe sont mutés dans une case (3,7 m²) équipée de caillebotis fil sur fosse à lisier. La case est placée dans une chambre respiratoire (12 m³) permettant de maîtriser la température ambiante et l'hygrométrie et de mesurer les échanges respiratoires des porcs (résultats non présentés ici). Ce dispositif conditionne la taille du groupe de porcs dans la mesure où celle-ci dépend de la capacité maximale de ventilation de l'enceinte et de la plage de mesure des analyseurs de gaz. Les animaux reçoivent ad libitum un aliment à base de blé, d'orge, de maïs et de tourteau de soja (18,2 % de protéines brutes, 2350 kcal/kg d'énergie nette). L'eau est disponible à volonté. Le photopériodisme est fixé à 12 h d'éclairage (8h00-20h00) et 12 h d'obscurité. L'expérience commence après 7 jours d'adaptation à la case et à l'aliment, la température étant maintenue à 19°C. L'hygrométrie est maintenue à 70 %.

Le principe de variation de la température est similaire à celui décrit par QUINIOU et al (1997), les températures extrêmes étudiées étant différentes. Ainsi, la température varie par paliers entre 19 et 29°C sur une période de 28 jours (correspondant à une "série de mesure") suivant une cinétique illustrée dans la figure 1. Chaque palier de température consiste en une journée d'adaptation et 2 jours de mesure (3 jours à 29°C). Pendant ces 2 ou 3 jours, la température est constante à l'échelle de la journée. Après chaque palier de température, pendant la journée d'adaptation, la température est augmentée ou diminuée de 2 ou 3°C pendant 4 heures pour atteindre la valeur du palier suivant. Les porcs sont pesés au début et à la fin de chaque série de mesure. Deux pesées supplémentaires sont réalisées pendant chaque série de mesures entre deux paliers de température : soit lorsque que la température augmente de 25 à 27°C soit lorsqu'elle diminue de 27 à 25°C. Chaque groupe de porcs est utilisé au cours de deux séries de mesures successives correspondant à deux stades de croissance. Les PV initiaux et finaux sont de 39 et 59 kg au stade 1 et de 63 et 87 kg au stade 2, ce qui correspond à des poids moyens de 49 et 75 kg respectivement pour les stades 1 et 2. La taille du groupe est de 4 animaux au stade 1 et de 3 au stade 2.

Figure 1 - Variation de la température ambiante par palier et répartition des jours de mesure



1.2. Équipement de mesure du comportement alimentaire et calcul des composantes du comportement alimentaire

Pour étudier les composantes du comportement alimentaire, la case est munie du même dispositif que celui décrit par QUINIOU et al (1997) et les données de base enregistrées quotidiennement sont identiques à celles décrites dans cette étude. Les visites alimentaires sont regroupées en repas à l'aide d'un critère de repas de 2 minutes (QUINIOU et al, 1997). Les données permettent de décrire le comportement alimentaire à l'aide de critères calculés à l'échelle de la journée: nombre de visites, nombre de repas, quantité d'aliment consommé (g), durée d'ingestion (min), durée de consumma-

tion (min) (ou somme de la durée des visites et des intervalles entre les visites relatives au même repas), vitesse d'ingestion (g/min) (ou rapport de la quantité d'aliment consommé et de la durée des visites). Des critères calculés à l'échelle du repas sont également nécessaires: quantité d'aliment consommé (g), durée de consommation (min). La valeur de chacun de ces critères est calculée pour décrire le comportement alimentaire de chaque porc sur une durée de 2 ou 3 jours, correspondant à un palier de température. Ces critères sont également calculés sur deux périodes de 12 heures: la phase diurne (8h-20h) et la phase nocturne (20h-8h).

1.3. Analyses statistiques

À chaque stade de croissance et pour chaque température, 2 valeurs (1 à 29°C) sont calculées pour les critères descriptifs du comportement alimentaire de chaque porc: l'une est obtenue quand la température augmente par palier de 19 à 29°C et l'autre quand elle diminue de 29 à 19°C. Dans un premier temps, les effets moyens de la température, du stade de croissance et leur interaction sont étudiés par analyse de variance sur la moyenne de ces 2 valeurs (ou 1 à 29°C) (GLM, SAS, 1990) (n=64) en prenant en compte l'effet animal. Pour l'analyse des différences jour/nuit, l'effet de l'éclairage et ses interactions avec la température et le stade sont introduits dans le modèle. Dans un deuxième temps, une analyse de covariance de la consommation moyenne par jour (CMJ) a été réalisée sur l'ensemble des données obtenues aux deux stades de croissance (n= 120) avec le PV et la température comme covariables et l'effet de l'animal comme effet fixe.

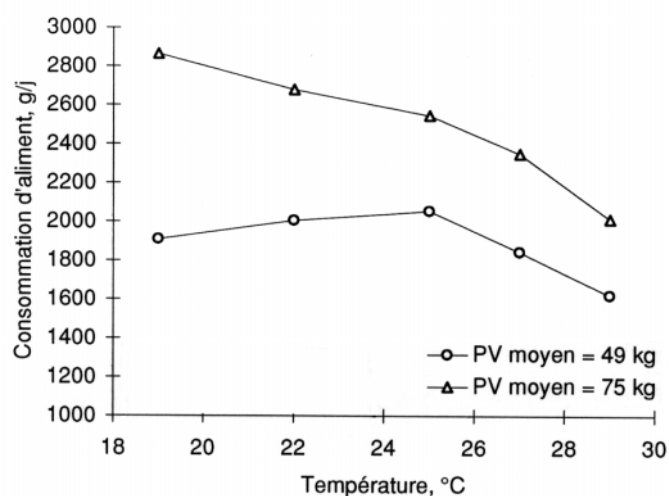
2. RÉSULTATS

Au cours d'une série de mesures au stade 1, un incident a eu lieu pendant le remplissage de l'auge à la température de 19°C. Par ailleurs, dans une autre série de mesure, un porc a dû être sorti de la chambre respiratoire aux températures de 22 et 19°C étudiées en fin de stade 2. Ces deux problèmes dans le déroulement des mesures expliquent le déséquilibre des données dans le tableau 1. En effet, dans la mesure où les composantes du comportement alimentaire n'ont pu être mesurées à l'un des deux paliers de température au cours de ces deux séries de mesure, la moyenne des deux paliers n'a pu être calculée.

Lorsque la température augmente de 19 à 29°C, la CMJ diminue de 649 g/j (tableau 1, p 322). Cette diminution n'est cependant pas linéaire: en effet, elle est de 58 g/°C entre 19 et 22°C, de 102 g/°C entre 25 et 27°C, mais elle est nulle entre 22 et 25°C et au contraire la plus importante entre 27 et 29°C (-136 g/°C). Le nombre de repas n'est pas significativement affecté par la température (10,4 en moyenne) mais leur taille diminue de 265 à 195 g/repas quand la température est égale respectivement à 19 et 29°C. Compte tenu de l'absence d'effet de la température sur la vitesse d'ingestion (38 g/min), la diminution de la CMJ entre 19 et 29°C s'accompagne d'une diminution de la durée d'ingestion (-21 min/j).

L'augmentation du PV moyen de 49 à 75 kg entraîne un accroissement de la CMJ (tableau 1, p 322); toutefois celle-ci est d'autant moins importante que les porcs sont élevés à des températures chaudes (interaction Température x Stade: $P < 0,10$, figure 2). Quand le PV augmente, le nombre de repas diminue mais leur taille s'accroît (179 et 308 g/repas respectivement aux stades 1 et 2). Cette augmentation, combinée à une vitesse d'ingestion plus élevée au stade 2 par rapport au stade 1 (+10 g/min), se traduit par une durée d'ingestion comparable aux deux stades (57 min/j).

Fig. 2 - Évolution de la consommation d'aliment avec la température selon le stade de croissance



La prise alimentaire des porcs est essentiellement diurne puisque 63 % de l'aliment est consommé pendant les 12 h d'éclairage (tableaux 2 et 3, p 322). L'interaction significative entre la température et l'éclairage sur la CMJ est en relation avec le fait que la CMJ diminue plus fortement le jour (-452 g) que la nuit (-197 g) entre 19 et 29°C (tableau 2, p 322). Par contre, quand la température s'élève, le nombre de repas diminue le jour mais augmente la nuit: en effet, 69 % des repas sont pris le jour à 19°C contre 52 % à 29°C. Parallèlement, la taille des repas est peu modifiée le jour, alors qu'elle décroît fortement la nuit. Quand le PV augmente, la proportion d'aliment consommé le jour augmente de 60 à 66 % entre les deux stades étudiés (tableau 3, p 322).

DISCUSSION

Les effets du système de mesure sur les valeurs des critères de comportement alimentaire calculés dans la présente étude ont déjà été présentés antérieurement par QUINIOU et al (1997). Les valeurs des paliers étudiées sont distantes de 2 ou 3°C au maximum, ce qui permet d'éviter les problèmes de durée d'adaptation lors de la journée de passage d'un palier à l'autre.

La diminution de CMJ entre 19 et 22°C dans cette expérience (-58 g/°C) est comparable à celle mise en évidence au cours de l'étude portant sur les effets de l'abaissement des températures (QUINIOU et al, 1997). Entre 22 et 25°C, la CMJ reste constante ce qui indique, en accord avec VERSTE-

Tableau 1 - Moyennes par température et par stade de croissance des critères synthétiques du comportement alimentaire

	Température, °C					Stade		ETR	Statistiques (1)
	19	22	25	27	29	1	2		
Nombre d'observations	9	13	14	14	14	36	28		
Poids moyen, kg	62	59	61	60	60	49	75	1	S***
À l'échelle de la journée									
Nombre de repas	10,3	11,2	10,0	10,1	10,4	11,4	9,1	2,2	S*
Quantité d'aliment consommé (g/j)	2440	2265	2266	2062	1791	1885	2472	221	T***, S***, TxSt
Durée d'ingestion (min/j)	67,3	63,0	59,2	54,6	46,6	57,3	57,4	6,6	T***, St
Durée de consommation (min/j)	81,8	79,3	75,6	67,7	56,2	69,4	73,7	7,3	T***, TxSt
Vitesse d'ingestion (g/min)	38	37	39	39	39	34	44	3	S***
À l'échelle du repas									
Quantité d'aliment consommé (g/repas)	265	233	261	232	195	179	308	62	Tt, S***
Durée de consommation (min/repas)	9,0	8,0	8,7	7,5	6,0	6,7	9,1	1,9	T*, S**

(1) Analyse de variance incluant l'effet de la température (T), du stade de croissance (S), l'interaction température x stade de croissance et l'effet animal, ce dernier est significatif quel que soit le critère considéré ($P < 0,001$).

Tableau 2 - Moyennes des critères de comportement alimentaire par température pour les phases diurne et nocturne.

Température, °C	19		22		25		27		29		ETR	Statistiques (1)
Lumière	Jour	Nuit	Jour	Nuit	Jour	Nuit	Jour	Nuit	Jour	Nuit		
À l'échelle de la période												
Nombre de repas	7,3	3,3	7,5	3,9	6,1	4,1	5,5	4,6	5,5	5,0	1,3	L**, S*, LxT***
Quantité consommée (g)	1554	886	1473	792	1450	816	1244	818	1102	689	186	T***, L***, S***, LxT**, LxS***
Durée d'ingestion (min)	43,7	23,6	41,9	21,1	38,3	20,9	33,0	21,6	28,0	18,6	4,9	T***, L***, LxT***, LxS**
Durée de consommation (min)	52,8	28,9	52,1	27,1	48,4	27,2	40,6	27,0	34,1	22,0	6,2	T***, L***, LxT***, LxS**, LxTxS*
Vitesse d'ingestion (g/min)	37	40	35	39	39	41	38	39	39	39	4	S***
À l'échelle du repas												
Quantité ingérée (g/repas)	251	304	223	249	282	231	253	209	217	158	73	T**, S***
Durée de consommation (min/repas)	8,7	9,6	7,8	8,2	9,3	7,6	8,2	6,7	6,7	4,8	2,1	T***, S***

(1) Analyse multi-factorielle de la variance avec la température (T), le stade (S), la lumière (L) et leurs interactions en effet principaux et l'effet animal, ce dernier est significatif ($P < 0,001$) quel que soit le critère considéré.

Tableau 3 - Moyennes des critères de comportement alimentaire par stade de croissance pour les phases diurne et nocturne (voir tableau 2 pour les effets statistiques).

Stade de croissance	1		2	
Lumière	Jour	Nuit	Jour	Nuit
À l'échelle de la période				
Nombre de repas	6,7	4,8	5,8	3,5
Quantité consommée (g)	1123	762	1638	834
Durée d'ingestion (min)	35,0	22,3	38,2	19,3
Durée de consommation (min)	42,1	27,2	48,5	25,1
Vitesse d'ingestion (g/min)	33	36	44	45
À l'échelle du repas				
Quantité ingérée (g/repas)	182	178	326	283
Durée de consommation (min/repas)	6,9	6,4	9,6	8,2

GEN et CLOSE (1994), qu'à 19°C la température ambiante est en deçà de la zone de confort thermique des porcs sur la gamme de PV étudiée. Il en découle que, si 19°C est une valeur inférieure à la température critique inférieure, alors la taille du groupe peut être un facteur influençant la prise alimentaire et sa cinétique. Par contre, à des températures supérieures, on peut supposer que la taille du groupe joue un rôle mineur. En effet, le comportement de blotissement permettant aux individus de réduire la surface de peau en contact avec l'air froid n'est plus observé au chaud et les porcs se comportent comme autant d'animaux élevés indépendamment les uns des autres. Par ailleurs, l'augmentation de température est associée à une diminution du temps passé devant l'auge par chaque animal et donc probablement à une moindre compétition d'accès à l'auge, même quand le groupe compte 4 porcs en début de croissance au lieu de 3 en fin de croissance.

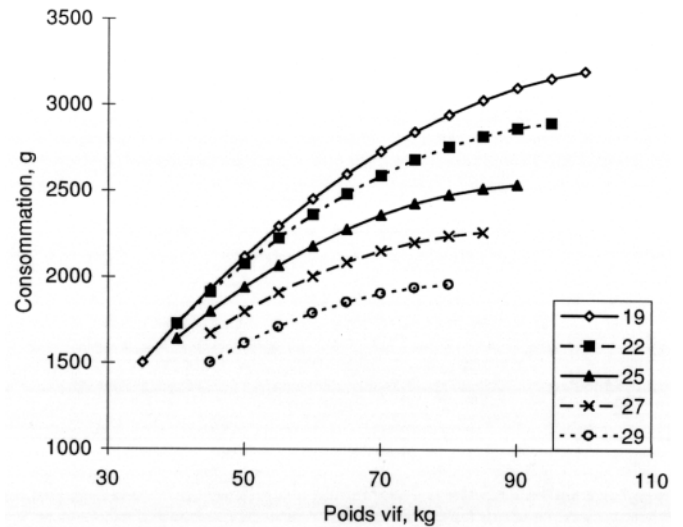
Quand on compare les durées d'ingestion et de consommation par jour, cette dernière étant calculée sur la base d'un critère identique pour les 5 paliers de température, on constate que les porcs élevés à une température inférieure ou égale à 25°C ont une activité non-alimentaire devant l'auge de 16 min/j alors qu'au-dessus de cette température cette activité chute à 13 et 10 min/j respectivement à 27 et 29°C. L'activité physique étant associée à une production de chaleur élevée chez le porc, la moindre durée d'activité devant l'auge pourrait être mise en relation avec la moindre activité physique associée à la station "debout" des porcs mise en évidence aux températures élevées (QUINIOU et al, résultats non publiés) contribuant ainsi à une moindre quantité de chaleur interne à dissiper pour le porc. En accord avec NIE-NABER et al (1993), aucun effet significatif de la température n'est observé sur la vitesse d'ingestion (39 g/min jusqu'à 29°C).

Une analyse de covariance a été réalisée entre la CMJ (variable) et la température (T) et le PV en covariables. Ainsi que l'illustre la figure 2 et en accord avec l'équation de NIE-NABER et LEROY-HAHN (1983, $CMJ = 1520 + 10,6 PV + 54,6 T - 2,6 T^2$), la relation entre la CMJ et la température est de type curvilinéaire. Cependant, selon la relation obtenue par ces auteurs sur une gamme de température plus large (5-30°C) que celle de notre étude, les effets de la température et du PV seraient indépendants. Entre 19 et 29°C, nos données permettent de mettre en évidence une interaction significative sur la CMJ entre le PV et la température, interaction déjà détectée entre le stade de croissance et la température par l'analyse de variance (tableau 1). Ainsi, les effets respectifs de la température et du PV de même que l'interaction entre les deux covariables considérées dans l'analyse sont illustrés dans l'équation indiquée ci-dessous:
 $CMJ (g/j) = -3885 + 279 T - 5,2 T^2 + 97 PV - 0,3 PV^2 - 1,6 T \times PV$
 (ETR = 260, $R^2=0,79$)

À partir de cette relation, on peut calculer qu'entre 19 et 29°C, la CMJ diminue de 49 g par degré supplémentaire quand les porcs pèsent environ 49 kg, la valeur correspondante étant de 91 g/°C chez les porcs à 75 kg. En d'autres termes, pour une gamme de température donnée, plus les

porcs sont lourds plus la CMJ est affectée négativement par l'augmentation de la température, ce qui traduit une moindre tolérance au chaud (figure 3).

Figure 3 - Évolution de la consommation d'aliment (CMJ) avec le poids vif (PV) et selon la température (T) :
 modélisation suivant l'analyse de covariance :
 $CMJ = -3885 + 279 T - 5,2 T^2 + 97 PV - 0,3 PV^2 - 1,6 T \times PV$



Notre étude et les données de la bibliographie s'accordent sur le fait que le comportement alimentaire devient de plus en plus diurne quand le PV des animaux s'accroît. La proportion d'aliment consommé pendant le jour est proche des valeurs rapportées par AUFRAY et MARCILLOUX (1980) (64 %), BIGELOW et HOUP (1988) (64 %) ou QUINIOU et al (1997) (62 %) mais elle est inférieure à la valeur rapportée par LABROUE et al (1995) (70 %). Les premiers travaux cités ont été réalisés sur des porcs élevés en confinement et donc isolés phoniquement du milieu extérieur. Au contraire, les porcs étudiés par LABROUE et al (1995) sont complètement intégrés phoniquement dans l'ambiance du bâtiment d'élevage. Dans ce cas, les événements associés avec la présence des porchers, généralement le jour, peuvent contribuer à stimuler et accentuer la prise alimentaire diurne.

À l'échelle de la journée, aucun effet de la température n'est observé sur le nombre de repas, ce qui est en accord avec les résultats de NIENABER et al (1993). Par contre, au cours du nyctémère, l'élévation de la température s'accompagne d'une diminution du nombre de repas le jour (-1,8) et d'une augmentation la nuit (+1,7). Aucun effet similaire n'a été observé lors de l'abaissement de la température (QUINIOU et al, 1997). Parallèlement, la taille des repas diminue plus fortement la nuit (-48 %) que le jour (-14 %) lors du passage de 19 à 29°C. Il en résulte que la répartition de l'aliment consommé entre le jour et la nuit n'est pas affectée par la température. Au total, sur 24 h, la diminution de la taille des repas avec l'élévation de la température est donc due principalement aux modifications des caractéristiques nocturnes des repas.

CONCLUSION

Cette étude confirme l'effet négatif des températures élevées sur l'appétit des porcs en mettant en évidence que cet effet n'est pas linéaire. Par ailleurs, il apparaît que la chute d'appétit s'exerce principalement via une diminution de la taille des repas alors que leur nombre reste inchangé. Il s'agit donc maintenant de mieux caractériser l'effet des températures élevées sur les mécanismes impliqués dans la régula-

tion de l'ingestion. Ainsi, la diminution de consommation observée au chaud suggérerait que l'effet thermique du repas, associé à la production de chaleur provenant de l'activité physique, limiterait l'ingestion. Auquel cas, il est nécessaire de déterminer si l'utilisation d'aliments se caractérisant par une forte concentration énergétique ou une faible extrachaleur permettrait de limiter les effets du chaud sur la prise alimentaire spontanée des porcs, et par conséquent sur leur vitesse de croissance.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AUFRAY P., MARCILLOUX J.-C., 1980. *Reprod. Nutr. Develop.*, 20, 1625-1632.
- BIGELOW J.A., HOUP T.R., 1988. *Physiol. Behav.*, 43, 99-109.
- LABROUE F., GUÉBLEZ R., MARION M., SELIER P., 1995. *Journées Rech. Porcine en France*, 27, 175-182.
- MASSABIE P., GRANIER R., LE DIVIDICH J., 1996. *Journées Rech. Porcine en France*, 28, 189-194.
- NIENABER J.A., MCDONALD T.P., HAHN G.L., CHEN Y.R., 1990. *Transactions of the ASAE*, 33(6), 2011-018.
- NIENABER J.A., HAHN G.L., KORTHALS R.L., MCDONALD T.P., 1993. Eating behavior of swine influenced by environmental temperature. *Trans. ASAE*, 937-944.
- NIENABER J.A., LEROY-HAHN G., 1983. Performance of growing-finishing swine in response to the thermal environment. Oral presentation at the Mid-Central Meeting of the ASAE, 12 pp.
- QUINIOU N., NOBLET J., LE DIVIDICH J., DUBOIS S., LABROUE F., 1997. *Journées Rech. Porcine en France*, 29, 135-140.
- RINALDO D., LE DIVIDICH J., 1991. *INRA Prod. Anim.*, 4(1), 57-65.
- S.A.S., 1990. *S.A.S./STAT User's Guide: statistics*. S.A.S., Inst., Inc., Cary, NC.
- VERSTEGEN M.W.A., CLOSE W.H., 1994. The environment and the growing pig. In: *Principles of pig science*. Ed: Cole D.J.A., Wiseman J. and Varley M.A., Nottingham University Press, 333-353.