

Institut d'Elevage et de Médecine
Vétérinaire des Pays Tropicaux
10, rue Pierre Curie
94704 Maisons-Alfort cédex

Ecole Nationale Vétérinaire
d'Alfort
7, av. du Général de Gaulle
94704 Maisons-Alfort cédex



Institut National Agronomique
Paris Grignon
15, rue Claude Bernard
75005 Paris

Muséum d'Histoire Naturelle
57, rue Curie
75005 Paris

DIPLOME D'ETUDES SUPERIEURES SPECIALISEES DE
PRODUCTIONS ANIMALES EN REGIONS CHAUDES

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

**BIBLIOTHÈQUE
CIRAD-EM.V.T.**

10, rue P. Curie
94704 MAISONS-ALFORT Cedex

INFLUENCE DE LA TEMPERATURE AMBIANTE SUR
LES PERFORMANCES DE CROISSANCE DES PORCS:
APPLICATION A LA ZONE CHAUDE

par

Aliette JAMBON

Année universitaire 1991-1992



09002776

SOMMAIRE

	pages
INTRODUCTION.....	1
1. PHYSIOLOGIE THERMIQUE DU PORC.....	2
1.1. Notion de thermorégulation.....	2
1.1.1. Production de chaleur.....	2
1.1.2. Pertes de chaleur.....	
1.2. Température critique et ses variations.....	5
1.2.1. Facteurs de variation liés à l'animal.....	5
1.2.2. Influence de l'environnement sur la température critique.....	6
1.2.3. Signification de la température critique.....	7
1.3. Métabolisme énergétique et azoté.....	8
1.3.1. Digestibilité apparente de l'énergie et de l'azote	8
1.3.2. Rétention de l'énergie sous forme de protéines et de lipides.....	8
2. INFLUENCE DE LA TEMPERATURE AMBIANTE SUR LES PERFORMANCES DE CROISSANCE.....	14
2.1. Croissance.....	14
2.1.1. Consommation d'aliment et comportement alimentaire.....	
2.1.2. Croissance journalière.....	15
2.1.3. Indice de consommation.....	17
2.2. Composition corporelle et morphologie.....	18
2.3. Température optimale.....	20

3. INTERACTIONS ALIMENTATION / TEMPERATURE AMBIANTE.....	22
3.1. Apports d'énergie et de protéines.....	22
3.2. Utilisation de la propriété thermogénique des aliments.....	22
 CONCLUSION.....	 25
 LISTE DES ILLUSTRATIONS.....	 26
 REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	 28

INTRODUCTION.

Les problèmes de production porcine en milieu tropical sont liés à une faible vitesse de croissance et à une adiposité trop importante des carcasses. Ces constatations sont le reflet d'une mauvaise alimentation tant sur le plan quantitatif que qualitatif et d'un environnement stressant.

Dans cette synthèse je me bornerai à faire le point sur l'influence du climat et en particulier de la température sur les performances de croissance des porcs.

Les nombreux travaux réalisés sur l'effet de la température ambiante sur le porc ont montré que les échanges de chaleur entre le porc et le milieu ambiant ont une influence directe sur le métabolisme énergétique du porc et par conséquent sur le devenir de l'énergie ingérée et donc sur ses performances.

La plupart des publications concernent la détermination de la limite inférieure de la zone de thermoneutralité et de l'influence du froid sur les performances. En revanche peu de chercheurs se sont intéressés au porc en zone chaude.

L'objectif de cette synthèse est donc de mettre en évidence les effets de l'ambiance chaude sur la physiologie, le métabolisme énergétique et azoté et les conséquences sur la croissance et la composition corporelle des porcs. En conclusion, j'étudierai les adaptations possibles à faire au niveau alimentaire selon la température ambiante.

1. PHYSIOLOGIE THERMIQUE DU PORC.

1.1. Notion de thermorégulation.

La thermorégulation est une fonction chez le porc permettant d'assurer une température interne constante dans des limites de températures ambiantes relativement larges en contrôlant l'équilibre entre la chaleur générée par l'organisme (thermogénèse ou production de chaleur) et celle cédée au milieu ambiant (thermolyse ou perte de chaleur).

1.1.1. Production de chaleur.

Le porc produit de la chaleur en permanence, résultat de l'oxydation des substrats énergétiques associée aux différents processus métaboliques (respiration, digestion, différentes synthèses, ...).

Cette production de chaleur correspond à la différence entre l'énergie métabolisable ingérée (EMi) et l'énergie fixée ou retenue (ER).

A l'entretien, c'est à dire quand l'énergie fixée est nulle, l'EMi est entièrement dissipée sous forme de chaleur.

Au delà de l'entretien, l'EMi est utilisée pour les productions avec un rendement k , pour le porc en croissance, de 70-75 %. Le reste correspond à l'extra chaleur.

La relation entre la production de chaleur et la température est présentée figure 1 (Le Dividich, 1986).

La zone BC correspond à un intervalle de température où il y a production de chaleur en compensation des pertes dues à un environnement froid. L'énergie alors utilisée pour la thermogénèse se fait au dépens des productions ou des réserves corporelles.

La zone CD, appelée zone de neutralité thermique (ou zone de thermoneutralité), est la zone où la production de chaleur est minimale, c'est à dire où la disponibilité de l'EMi est maximale pour les productions

(Mount, 1974). Cette zone est limitée par la température critique inférieure (T_{ci}) et la température critique supérieure (T_{cs}).

De part et d'autre de l'intervalle BD, l'animal ne peut plus compenser ses pertes de chaleur dues au froid ou évacuer sa production de chaleur. Il n'arrive donc plus à maintenir sa température interne constante et va succomber de stress thermique.

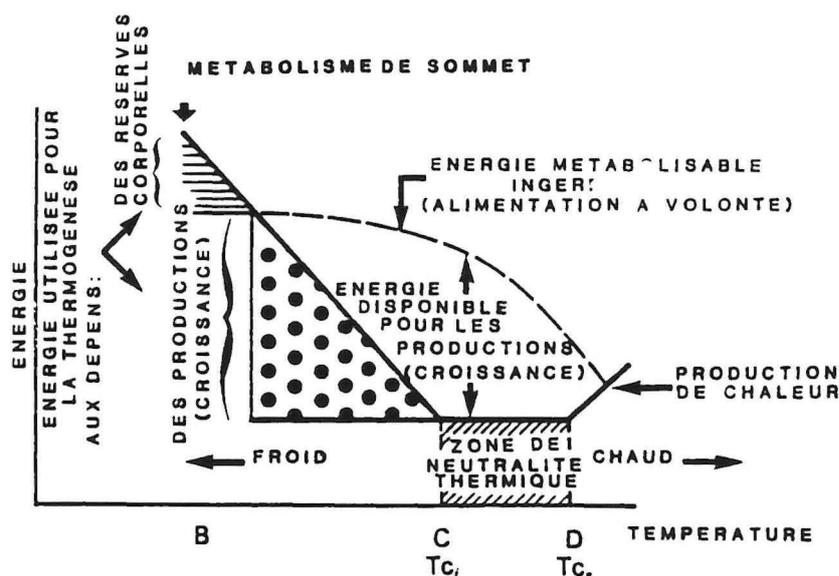


Figure 1: Influence de la température ambiante sur la production de chaleur.

Dans les conditions de neutralité thermique l'extra chaleur est dissipée totalement.

Dans un environnement froid, cette extra chaleur peut couvrir une partie de l'accroissement du besoin calorique (donc du besoin d'entretien). De ce fait certains auteurs ont observé une augmentation du rendement de transformation de l'EMi pour les productions de l'ordre de 80-85 % (Verstegen et al. 1973, Close 1978, Fuller et Boyne 1971) .

Au contraire dans un environnement chaud ce rendement descend: Close (1978) a trouvé 0,63 % à 30 °C. En effet lorsque la température devient

trop importante le porc dissipe difficilement sa chaleur dans l'environnement.

Dans ce cas la température interne va croître et en conséquence la production de chaleur peut augmenter par compensation d'un stress lié à l'environnement (Holmes et Close, 1977).

1.1.2. Pertes de chaleur.

Les transferts de chaleur entre la peau de l'animal et le milieu ambiant s'effectuent par voie sensible ou par voie latente.

- Voie sensible:

- Conduction: passage direct selon une conductibilité physique de la chaleur de la peau de l'animal à la surface en contact (sol, parois,...).

- Convection: transfert de chaleur de la peau vers l'extérieur par mouvement de l'air.

- Rayonnement (ou radiation): émission de chaleur d'un corps chaud vers un corps froid.

- Voie latente:

Les transferts de chaleur par voie latente correspondent aux pertes de chaleur par vaporisation d'eau au niveau de la peau et du tractus respiratoire.

Le porc n'ayant pas de glandes sudoripares fonctionnelles les pertes cutanées sont quasiment nulles: inférieures à 30 g/m² à 30 °C (Le Dividich, 1986). En revanche il est capable d'augmenter son rythme cardiaque et d'avoir ainsi des pertes respiratoires importantes (multiplier par 3).

Toutefois ces voies de thermolyse reste limitées et le porc s'adapte relativement mal au chaud (Ingram, 1964 et 1967).

1.2. Température critique et ses variations.

Note: Sans spécification le terme "température critique" (Tc) fait référence à la température critique inférieure.

De nombreux travaux ont été faits sur la Tc et les facteurs responsables de sa variation (Ingram 1965, Verstegen et Van Der Hal. 1974, Close 1981, Bruce 1981). La Tc (et donc la zone de thermoneutralité) varie selon l'animal (poids, âge, stade physiologique, race, taille du groupe, niveau alimentaire,...) et des paramètres de l'environnement (température, degré d'hygrométrie, vitesse de l'air, parois...).

En Revanche la Tcs a été peu étudiée (Holmes et Close 1977, Bruce 1981).

1.2.1. Facteurs de variation liés à l'animal.

La Tc diminue avec l'augmentation du poids du porc. En effet sa surface déperdatrice de chaleur par unité de poids corporel baisse et sa couverture adipeuse augmente.

Le porcelet dépourvu de couverture adipeuse à la naissance a une Tc de 33-35 °C (Mount 1968) et la thermolyse se fait davantage par rayonnement.

Le porcelet sevré a une Tc de 24 à 27 °C. Au delà de 20 Kg (Tc de 20 °C), la Tc décroît progressivement de 1 °C par 10 Kg d'augmentation de poids pour un animal recevant une quantité 2,5 fois supérieure à son besoin d'entretien (Verstegen, 1971).

Pour une truie rationnée en gestation la Tc évolue entre 14 et 19 °C selon l'état d'engraissement de celle-ci (Holmes et Mac Lean, 1974).

Par conséquent à une température ambiante chaude, plus le porc sera lourd plus sa couverture adipeuse sera importante et plus il devra évacuer sa production de chaleur par voies respiratoires.

La Tc baisse avec l'augmentation de la taille du groupe car les pertes de chaleur diminuent avec le tassement. Un porc consommant 1600 g/j à une Tc de 19 °C quand il est élevé seul et de 14 °C si il est élevé dans un groupe de 9 (Le Dividich, 1986).

La T_c diminue avec l'augmentation du niveau alimentaire. Autrement dit la quantité d'extra chaleur disponible pour les dépenses de thermorégulation augmente avec l'accroissement des quantités ingérées (Close, 1981).

1.2.2. Influence de l'environnement sur la température critique.

L'importance et la répartition des voies de thermolyse dépendent de l'animal. Pour un porc en croissance celles ci évoluent avec la température ambiante comme indiqué figure 2 (Bond et al. 1952).

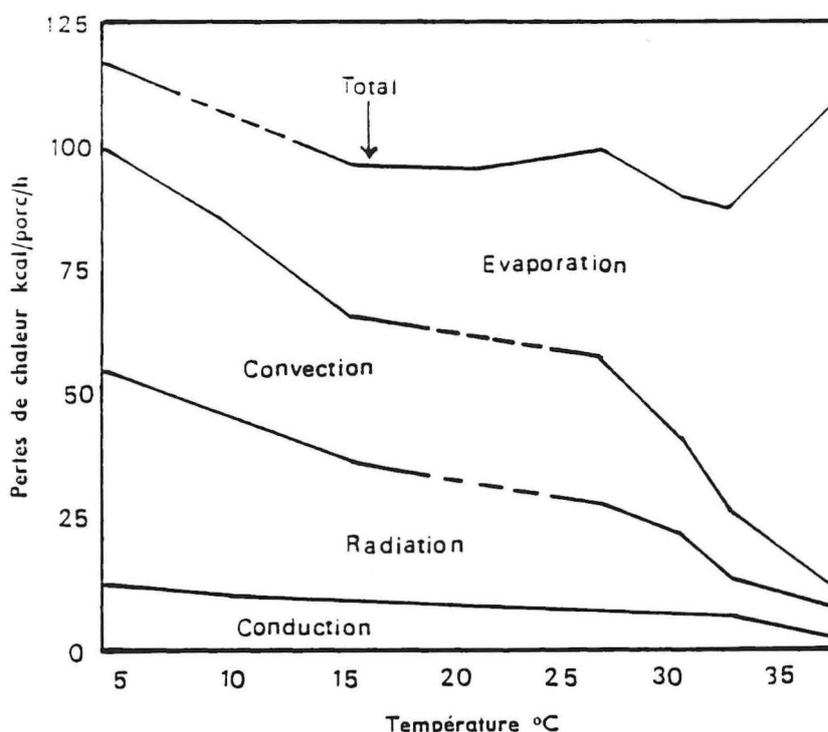


Figure 2: Effet de la température ambiante sur les pertes de chaleur et leur répartition pour des porcs de 26 à 37 Kg.

Dans des conditions thermoneutres et inférieures à la T_{ci} les pertes par convection et en particulier par radiation sont plus importantes mais à des températures élevées se sont celles par évaporation qui prédominent.

Les pertes par conduction représentent 10 à 20 % des pertes totales et varient peu avec la nature de l'environnement. En revanche celles ci dépendent par définition (Cf 1.1.2.) de la nature du sol et des parois.

En particulier le sol joue un rôle important car le porc est couché 60 à 80 % du temps et donc la surface corporelle en contact avec le sol représente 10 à 20 % de sa surface totale (Bruce, 1981).

L'humidité du sol augmente les pertes de chaleur par conduction à travers le sol et par évaporation de l'eau à la surface de la peau : un sol humide est équivalent à une diminution de 5 à 10 % de la température ambiante (Mount,1975). Dans les pays chauds l'aspersion des porcs avec de l'eau ou de la boue peut donc être un moyen efficace pour évacuer la chaleur produite par ceux-ci.

Verstegen et Van Der Hal en 1974 ont montré que la Tc d'un groupe de porcs en croissance (40 Kg) passe de 10-13 °C sur une litière paillée à 19-20 °C sur caillebotis en béton grâce à une meilleure circulation de l'air.

Le revêtement des parois, comme l'aluminium, par son pouvoir de réflexion peut limité les pertes par rayonnement et donc ainsi baisser la Tc. Ceci peut être intéressant pour limiter les pertes de chaleur des porcelets.

La ventilation statique ou dynamique des porcheries a pour but d'assurer un apport régulier d'oxygène et d'évacuer les gaz (gaz carbonique, ammoniac,...) et la vapeur d'eau rejetés par les animaux.

Selon Bruce (1981) les pertes de chaleur et en particulier les pertes par convection augmentent linéairement avec la vitesse de l'air, d'après Mount (1968) elles ne sont proportionnelles qu'à la racine carrée. Cependant des publications plus récentes ont montré que l'influence bénéfique de la vitesse de l'air a été surestimée: à une température ambiante élevée son effet s'atténue (figure 3).

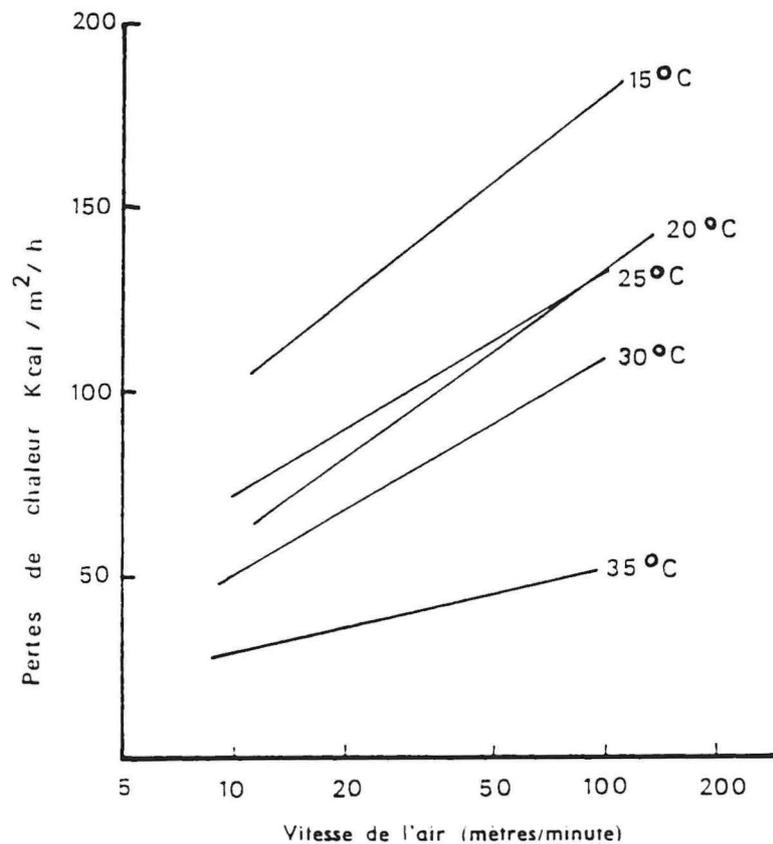


Figure 3: Effet du mouvement de l'air sur les pertes de chaleur de porcs pesant 60 à 70 Kg.

D'après cette figure une surventilation ne semble pas justifiée à des températures élevées.

Chez le porcelet l'effet de la vitesse de l'air est cependant plus marqué que chez l'adulte en raison de sa surface d'échange vis à vis de son poids (Cf 1.2.1.).

L'humidité de l'air a une importance moindre sur les voies de thermolyse comparativement à la température. Georgiev (1977) a évalué son influence : dans la zone de la neutralité thermique les pertes de chaleur sont minimales et varient peu avec l'accroissement de l'hygrométrie. Mais dans un environnement chaud un fort degré d'hygrométrie semble gêner la thermolyse.

A ce propos Morrison et al. (1969) ont montré l'effet dépressif du taux d'hygrométrie (HR) sur la vitesse de croissance.

température	vitesse de croissance en g/j		moyenne
	22 °C	28 °C	
60-70 % HR	675	529	597
90-95 % HR	672	486	579
moyenne	673	507	

Ce tableau indique aussi et surtout que c'est la température ambiante qui a le plus d'influence sur les performances du porc.

La figure 4, page suivante, présente en conclusion de ce chapitre l'impact de quelques facteurs sur la température critique.

1.2.3. Signification de la température critique.

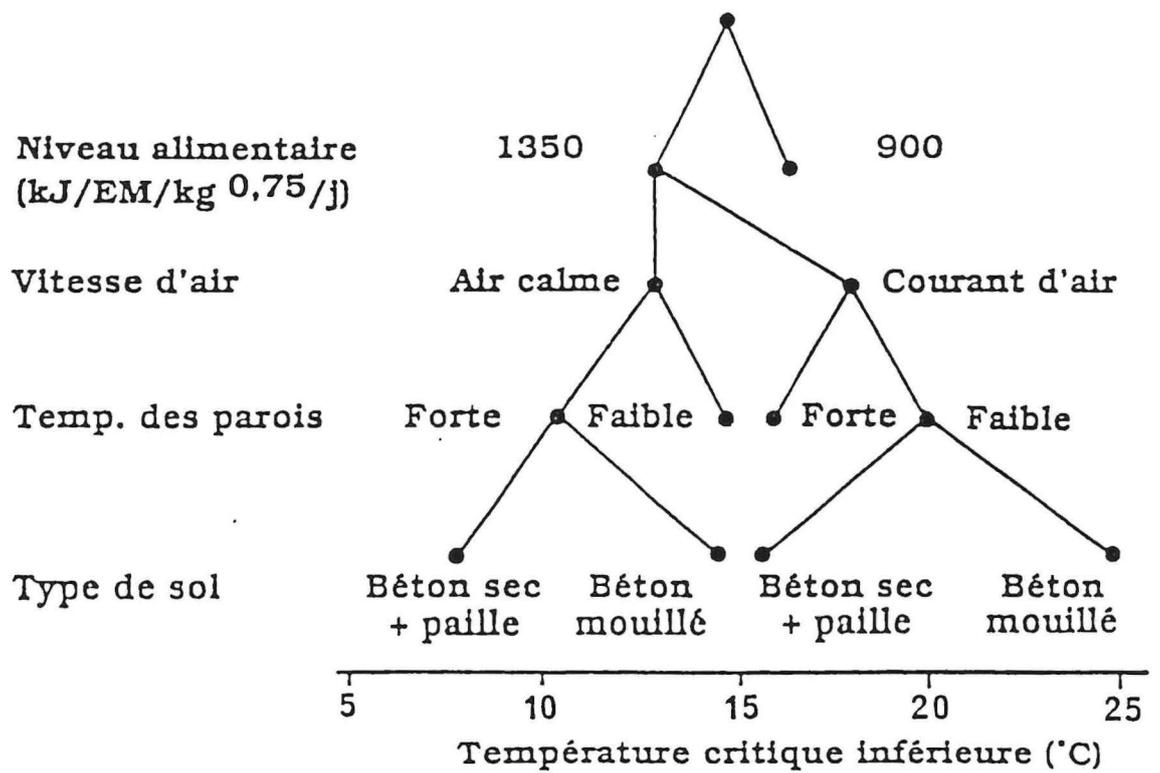
Au niveau zootechnique la température critique correspond au "besoin thermique optimal" du porc à des stades où celui-ci est particulièrement sensible au froid et où il faut maximiser la fixation de lipides: à la naissance et au sevrage.

En dehors de ces stades la Tc n'a plus grande signification dans les pays développés où l'objectif des éleveurs est de réduire l'adiposité des porcs et d'avoir un gain de poids maximal. En effet comme le montre la figure 5 la fixation maximale d'énergie correspond à la fixation maximale de lipides.

Concrètement pour des porcs nourris à volonté, élevés en groupe sur un sol en caillebotis partiellement humide, la température optimale d'élevage est supérieure à la Tc.

NRC (1981) a évalué la Tc à 18 à 20 °C chez le porc en croissance (et de 14 à 15 °C chez le porc en finition) et Rinaldo et Le Dividich (1991) estiment que la température optimale est de 24 à 25 °C pour le même type de porc.

Figure 4.: Impact de quelques facteurs sur la température critique.



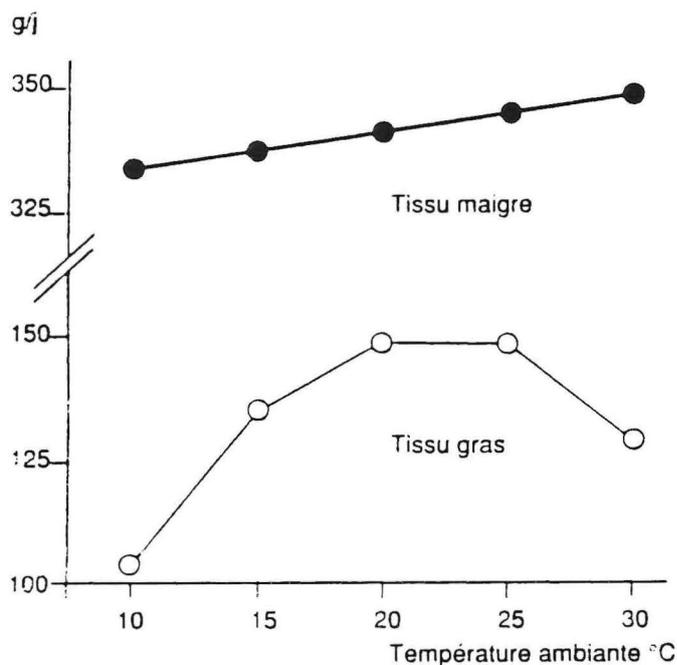


Figure 5: Influence de la température ambiante sur la fixation des lipides et des protéines chez le porc en croissance de 35 Kg recevant 1580 g d'aliment par jour (d'après Close, 1983).

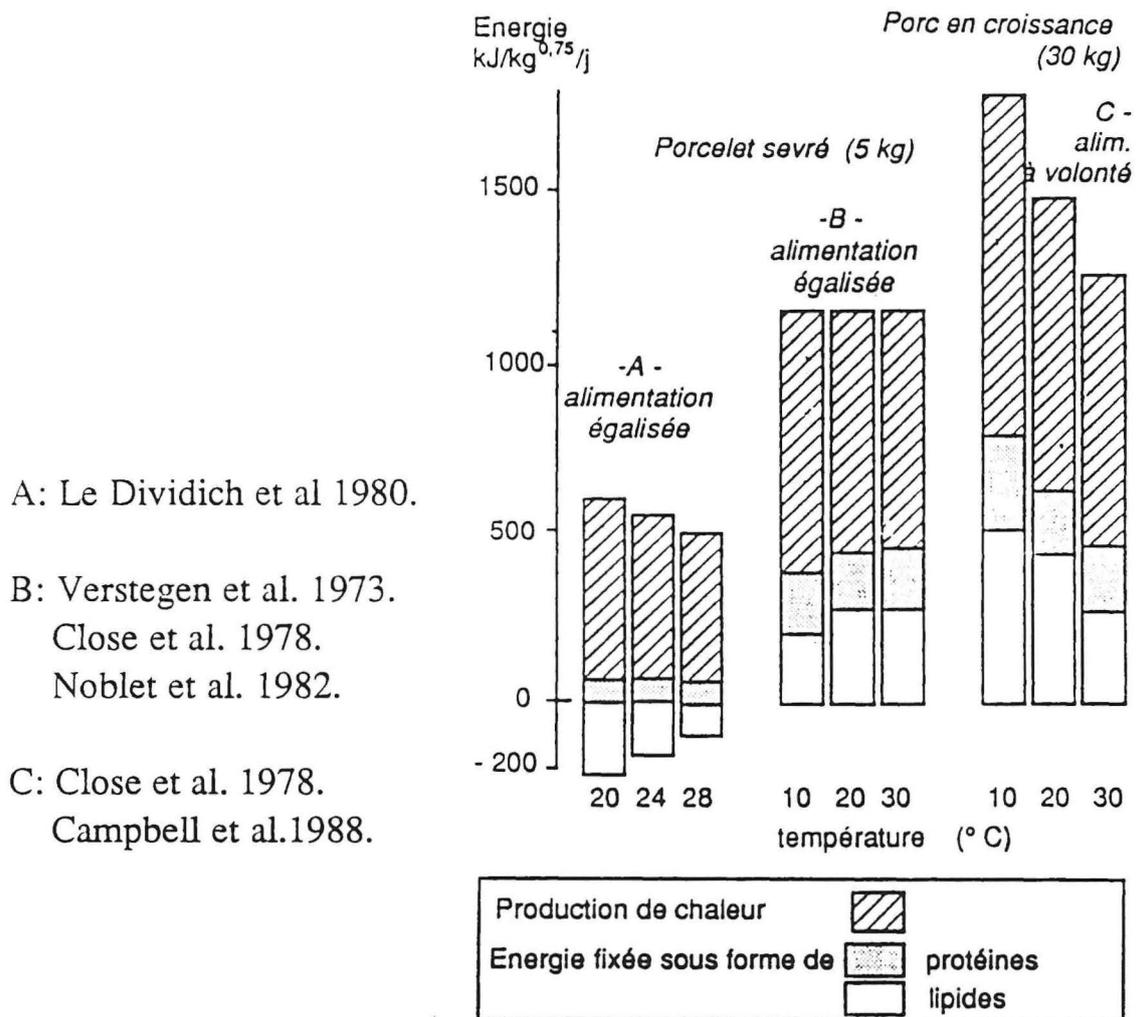
1.3. Métabolisme énergétique et azoté.

1.3.1. Digestibilité apparente de l'énergie et de l'azote.

L'utilisation digestive de l'azote et de l'énergie de la ration augmente avec la température ambiante. Entre 5 et 23 °C une augmentation de 1 °C correspond à une amélioration moyenne de 0,18 % de la digestibilité apparente de l'azote et de 0,13 % de l'énergie (NRC, 1981).

1.3.2. Rétention de l'énergie sous forme de protéines et de lipides.

La plupart des auteurs s'accordent à dire que l'environnement thermique a plus d'effet sur le dépôt lipidique que sur le dépôt protéique chez le porcelet (Noblet et Le Dividich, 1982) comme chez le porc en croissance-finition (figures 5 et 6).



A: Le Dividich et al 1980.

B: Verstegen et al. 1973.
Close et al. 1978.
Noblet et al. 1982.

C: Close et al. 1978.
Campbell et al. 1988.

Figure 6: Influence de la température ambiante sur l'utilisation de l'énergie selon le mode d'alimentation et le stade physiologique.

En dessous de la T_c les dépenses d'énergie pour la thermorégulation se fait essentiellement au détriment de la fixation des lipides.

Au dessus de la T_c:

- en alimentaton égalisée (niveau alimentaire maintenu constant pour mettre en évidence l'effet propre de la température), l'accrétion lipidique croît avec la température ambiante (Verstegen et al. 1973, Close et al. 1978, Noblet et Le Dividich 1982).

Le Dividich et Rinaldo (1988) notent qu'une augmentation de 1 °C entre 12 et 20 °C accroît le gain de muscle de 3,9 g/j et le gain de gras de 5,3 g/j.

- en alimentation à volonté, elle diminue aux fortes températures en raison de l'abaissement du niveau d'ingestion spontanée (Campbeld et taverner, 1988).

En revanche l'effet de la température ambiante sur le dépôt protéique dépend du stade physiologique du porc.

Jusqu'au sevrage celui-ci est indépendant de la température ambiante.

Chez l'animal en croissance l'environnement thermique semble influencer le métabolisme azoté seulement lorsque l'énergie est limitante. Berschauer et al. (1983) et Campbeld et taverner (1988) ont constaté (en alimentation égalisée) que lorsque l'apport énergétique est élevé (1300 Kj d'EM / Kg^{0,75} / j) l'accrétion protéique décroît de 0.13 g / Kg^{0,75} / j et par °C de réduction de température entre 22 et 10 °C et de 0.26 g / Kg^{0,75} / j lorsque le niveau d'ingestion est plus faible (1300 Kj d'EM / Kg^{0,75} / j).

2. INFLUENCE DE LA TEMPERATURE AMBIANTE SUR LES PERFORMANCES DE CROISSANCE.

2.1. Croissance.

Les performances de croissance sont tributaires des conditions climatiques:

- elles déterminent en grande partie les échanges entre l'animal et son environnement et donc le devenir de l'énergie d'origine alimentaire,
- elles ont une influence directe sur le niveau de consommation spontanée et par conséquent peuvent modifier les équilibres nutritionnels.

2.1.1. Consommation d'aliment et comportement alimentaire.

Le porc modifie son niveau d'ingestion en fonction de la température ambiante. Cet ajustement se fait de manière rapide: la quantité d'aliment spontanément ingérée (Q) diminue de manière curvilinéaire avec l'augmentation de la température (T) ambiante selon les équations suivantes:

- porcs de 10 à 30 Kg (Rinaldo, 1989):

$$Q \text{ (g/j)} = 1163 + 16,80 T - 0,82 T^2 \quad (r^2 = 0,73)$$

- porcs de 40 à 85 Kg (Nienaber et al., 1983):

$$Q = 1520 + 10,57 P \text{ (Kg)} + 54,6 T - 2,57 T^2 \quad (r^2 = 0,67).$$

Ces équations montrent que la baisse des quantités ingérées avec la température est plus rapide chez le jeune porc.

Concrètement pour un porc en croissance la quantité volontairement consommée diminue selon les auteurs de:

Intervalle de temp. en °C	quantité g/j/°C	type de porc Kg	auteurs

Porcelet sevré:			
10 à 20	13	20	Rinaldo et al.1991
25 à 35	30	20	Rinaldo et al.1991
20 à 35	23	9-30	Nienaber et al. 1983

Porc en croissance-finition:			
05 à 20	23	45-90	Nienaber et al. 1983
10 à 20	21	40-100	Verstegen et al 1978
10 à 20	28	75-100	Nichols et al. 1982

10 à 20	24	53-100	en moyenne.

20 à 30	73	45-90	Nienaber et al. 1983
20 à 30	40	75-100	Nichols et al. 1982
21 à 28	39	50-100	Tonks et al. 1972

20 à 30	51	56-100	en moyenne.

Chez les homéothermes le comportement alimentaire peut également varier avec la température ambiante. Cependant ces changements ne sont pas nets pour le porc dont les rythmes biologiques sont naturellement moins marqués (Dauncey et al., 1983). Toutefois Rinaldo et al. (1989) remarquent qu'un abaissement nocturne de la température entraîne une augmentation de la proportion de la quantité consommée la nuit sans que le gain de poids ne change. Ils confirment ainsi les dires de Steinbach (1978) qui a noté que la proportion d'aliment consommée la nuit en régions chaudes est supérieure à celle observée en climats tempérés.

2.1.2. Croissance journalière.

Les performances de croissance des porcs recevant un régime équilibré sont avant tout liées aux quantités ingérées (et à leur efficacité alimentaire) qui elles mêmes varient avec la température ambiante. Cependant l'influence de la température sera différente selon le mode de distribution de la ration (figure 7).

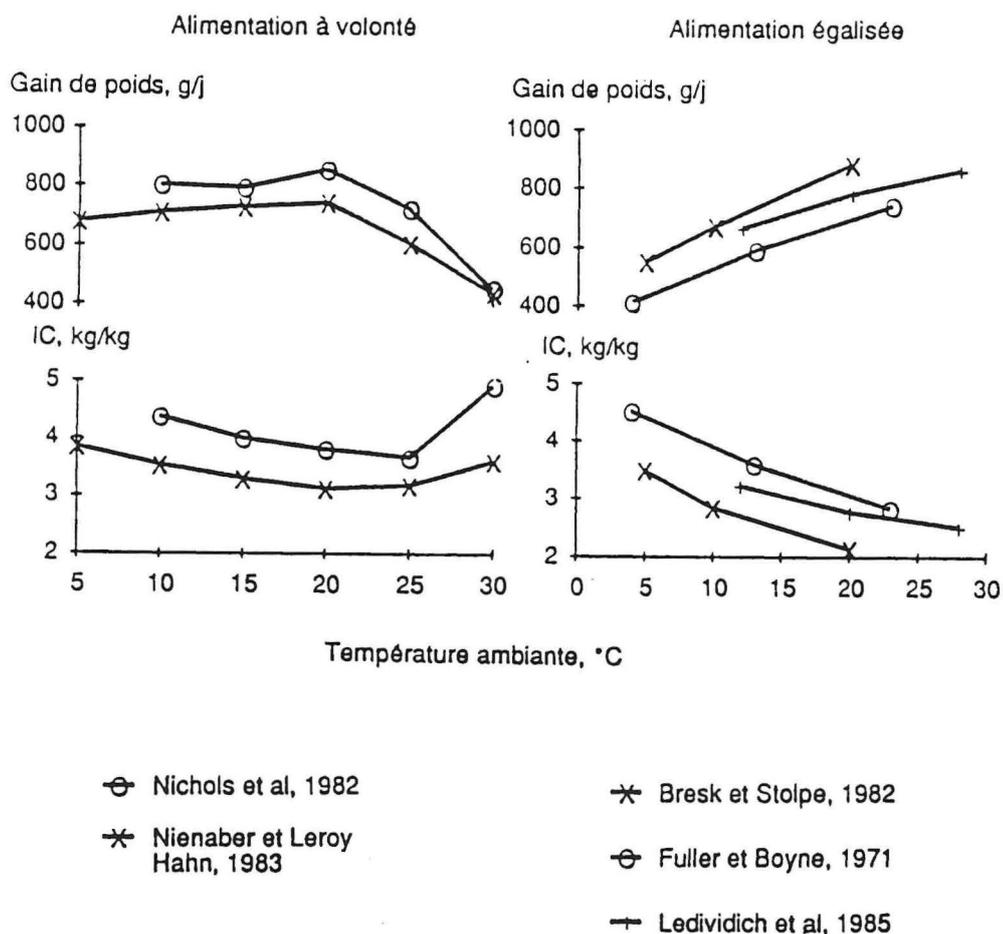


Figure 7: Influence de la température ambiante sur les performances de croissance suivant le mode d'alimentation.

En alimentation à volonté la vitesse de croissance reste pratiquement constante entre 8 et 20 °C . Elle diminue d'environ 15 g / °C pour le porc en croissance et de 40 g / °C pour le porc en finition dans un intervalle de 20 à 30 °C (NRC 1981, Le Dividich et al. 1982).

En alimentation égalisée sur l'ensemble de la période d'engraissement une augmentation de 1 °C entre 12 et 20 °C améliore le gain de poids en moyenne de 12,8 g / j et de 3,8 g / j entre 20 et 25 °C. Cependant les résultats varient d'un auteur à l'autre selon le mode d'expérimentation, l'animal (poids, race,...). A titre d'exemple dans les mêmes conditions d'élevage le gain de poids moyen quotidien (GMQ) baisse de 12 % entre 18 et 32 °C pour un porc de race piétrain et seulement de 4 % pour un landrace belge (Comberg et al., 1973).

La consommation d'eau quelque soit le mode d'alimentation augmente avec l'accroissement de la température ambiante: le rapport eau ingérée sur aliment ingéré est de 2.5 à la neutralité thermique et de 4 à 5 à 30 °C.

La vitesse de croissance peut être influencée par d'autres facteurs climatiques:

- le degré d'humidité relative: il accentue les effets dépressifs des températures élevées. Concrètement une augmentation de 30 à 80 % provoque une diminution de la vitesse de croissance de 8 % à 28 °C et de 30 % à 33 °C (Morrison et al., 1969).

- la vitesse de l'air: une augmentation du taux de renouvellement de l'air améliore l'évacuation de la chaleur et de la vapeur d'eau par le porc qui permet à ce dernier de consommer plus d'aliment. Cependant quand la température est trop élevée la vitesse de l'air n'est plus très influente (Cf paragraphe 1.2.2.).

2.1.3. Indice de consommation.

L'indice de consommation dépend de la température ambiante et du mode d'alimentation (figure 7).

En alimentation à volonté, l'indice de consommation est minimal entre 20 et 25 °C (Verstegen et al.,1978) mais au delà le gain de poids moyen quotidien (GMQ) diminue plus rapidement que les quantités ingérées et par conséquent l'indice de consommation se détériore (Holmes 1973, Christon 1986,...).

En alimentation restreinte l'augmentation de la température ambiante n'entraîne pas de modification du GMQ et donc l'indice de consommation s'améliore. En effet la restriction alimentaire permet de limiter la dépense calorique liée à la régulation thermique et ainsi d'améliorer l'efficacité alimentaire.

2.2. Composition corporelle et morphologie.

Comme pour la vitesse de croissance, la composition corporelle dépend du niveau alimentaire.

Les auteurs ont interprété différemment l'influence de la température ambiante sur l'adiposité des carcasses selon le mode expérimental choisi, les races....

Ainsi, certains suggèrent que le porc maintenu au froid a une carcasse plus grasse, d'autres que la composition corporelle reste inchangée:

mode d'alimentation	effets de l'augmentation de la température sur le % de gras			auteurs
	entre 10	entre 20	entre 30	
à volonté	↗			Comberg et al. 1974
	↗			Verstegen et al. 1978
	=		↘	Nienaber et al. 1983
égalisée	↘			Verstegen et al. 1973
	↘		=	Close et al. 1978
	↘		=	Le Dividich et al. 1985
	↘		↘	Le Dividich et al. 1987
même gain de poids	=		=	Le Dividich et al. 1985
	=		=	Lefaucheur et al. 1989

Légende:

↗: augmentation de l'adiposité des carcasses.

↘: diminution.

=: pas d'effet.

En conclusion :

- en alimentation égalisée: une baisse de la température équivaut à une restriction alimentaire et en conséquence le pourcentage de gras de la carcasse diminue.

- en alimentation à volonté: au froid le porc consomme plus et la quantité ingérée excède le besoin d'énergie donc le pourcentage de gras augmente. Dans la zone de thermoneutralité une augmentation de la température ambiante entraîne une réduction de l'adiposité des carcasses conséquence de la baisse de la consommation spontanée d'aliment alors que le besoin énergétique d'entretien reste le même (Rinaldo et Le Dividich, 1991).

- à même gain de poids journalier (alimentation ajustée afin de maintenir le gain de poids constant, une baisse de la température est compensée par une augmentation de la quantité d'aliment distribuée) la température ne semble avoir aucun effet .

Stahly et al. en 1979 puis Le Dividich et al. en 1985 et 1987 ont constaté que la température ambiante avait une influence sur la répartition adipeuse du porc en finition résultat de leur adaptation aux conditions thermiques (figure 8): plus de gras externe au froid et plus de gras interne chaud. Rinaldo (1989) explique le changement se produisant à température élevée par une diminution de la lipogénèse qui est plus marquée dans le tissu externe et par la plus forte activité de la lipoprotéine lipase dans le tissu interne amenant à une captation plus importante de triglycérides.

Température ambiante, °C	12	20	28
A même niveau de rationnement			
% muscle	103	100	98
% gras	91	100	104
Longe : Bardière	115	100	95
% Bardière	92	100	105
% Panne	85	100	117
A même gain de poids journalier			
% muscle	97	100	98
% gras	103	100	101
Longe : Bardière	88	100	104
% Bardière	109	100	95
% Panne	83	100	120

Base 100: résultats obtenus à 20 °C.

Figure 8: Influence de la température ambiante sur la composition corporelle à l'abattage (d'après Le Dividich et al. 1985 et 1987)).

Du point de vue qualitatif la température ambiante joue un rôle non négligeable au niveau du tissu adipeux externe. L'indice d'iode (Fuller et al., 1974) ou le pourcentage d'acides gras insaturés (Le Dividich et al. 1987, Lefaucheur et al. 1989) diminue quand la température ambiante augmente. A une température ambiante élevée le lard est donc plus ferme, se conserve et se transforme mieux.

La température ambiante a des effets sur le métabolisme et la morphologie du porc.

Au froid les animaux sont plus compacts (Lefaucheur et al. 1989), la taille des extrémités (Heath 1984), la queue et les oreilles, est réduite et la pilosité plus importante (Dauncey et Ingram, 1986).

Enfin le rendement carcasse augmente conséquence d'une diminution des organes (foie, coeur, tube digestif) liée à une baisse d'activité du métabolisme de base: consommation d'oxygène réduite, baisse de l'activité thyroïdienne...(Dauncey et al.1983, Heath 1984).

En conclusion, le porc élevé en milieu tropical présente une diminution du métabolisme oxydatif, une réduction des quantités ingérées et un profond remaniement du métabolisme lipidique. Ce qui explique en partie les "mauvaises" performances des porcs de races améliorées.

2.3. Température optimale.

Comme nous l'avons déjà indiqué dans le paragraphe 1.2.3. la notion de température critique ne correspond pas au besoin des éleveurs qui désirent obtenir rapidement un porc maigre au moindre coût.

Rinaldo et Le Dividich (1991) ont cherché la température optimale d'élevage pour des porcs de 10 à 30 Kg nourris à volonté en prenant en compte le gain de poids, l'indice de consommation, le taux de conversion de l'énergie (rapport ER / EM) et la teneur en lipide du poids vif vide.

Les résultats de leur expérience sont schématisés en figure 9:

L'utilisation de l'énergie est maximale à la température critique, c'est à dire à 25 °C, mais l'indice de consommation est minimale entre 25 et 31 °C (zone thermoneutre). Dans des objectifs fixés de porcs maigres, meilleur rendement carcasse et coûts alimentaires réduits, la température optimale se situe donc à 24-25 °C malgré la légère réduction de la vitesse de croissance qu'elle entraîne.

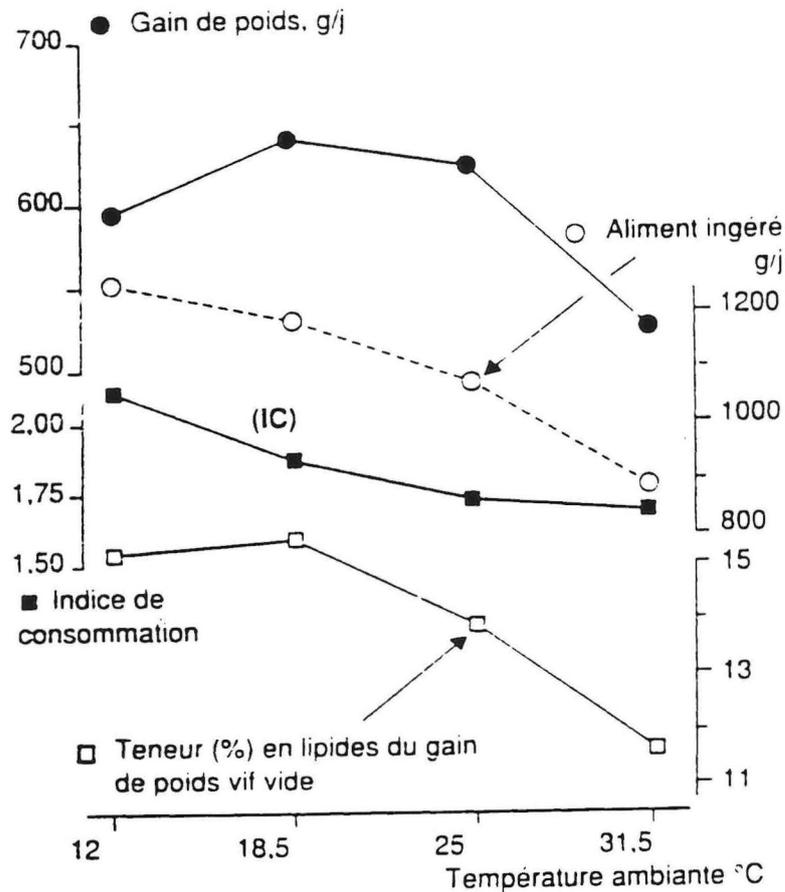


Figure 9: Influence de la température ambiante sur les performances de croissance, l'utilisation de l'énergie et la teneur en lipides du gain de poids vif vide du porc de 10 à 30 Kg alimenté à volonté (d'après Rinaldo et Le Dividich, 1991).

3. INTERACTIONS ALIMENTATION / TEMPERATURE AMBIANTE

3.1. Apports d'énergie et de protéines.

Chez le porc en croissance les dépenses de thermorégulation se font surtout au dépens des lipides. C'est donc principalement le besoin énergétique qui varie avec la température ambiante (Cf. paragraphe 1.3.2.).

Pour un gain de poids égal, quand la température ambiante augmente de 1 °C dans l'intervalle de 12 et 20 °C le besoin énergétique baisse de 25 Kj d'EM / Kg^{0,75} / j et de 12 Kj / Kg^{0,75} / j entre 20-25 °C (Le Dividich et al. 1985 et 1987). Cela représente une diminution de 20 à 42 g d'aliment / °C / j pour un porc de 60 Kg.

Le besoin azoté est indépendant de la température ambiante quand le besoin énergétique n'est pas limitant. Cependant, relativement à l'énergie, ce besoin augmente avec la température grâce à une plus grande disponibilité de l'énergie pour les synthèses. Ainsi pour une augmentation de 1 °C de la température le besoin en lysine s'élève de 0,07 g / Mj d'EM entre 12 et 20 °C et de 0,04 g / Mj d'EM entre 20 et 25 °C (Rinaldo, 1989).

3.2. Utilisation de la propriété thermogénique des aliments.

L'extra chaleur participe aux dépenses supplémentaires d'énergie pour la thermorégulation du porc élevé dans un environnement froid (Cf. paragraphe 1.1.1.). Au contraire cette extra chaleur doit être totalement dissipée à une température supérieure à la Tci.

Par ailleurs l'extra chaleur est tributaire de la composition chimique des aliments et en particulier de leur teneur en constituants celluloseux et en matières grasses. Par exemple un porc en croissance élevé dans un environnement thermoneutre perd 79 % de l'EM de la farine de luzerne qu'il ingère sous forme de chaleur contre 25 % pour l'huile de soja (Curtis, 1981).

Just montre en 1982 que l'augmentation de l'extra chaleur avec la teneur en cellulose du régime s'explique par la dégradation microbienne de la cellulose dans le gros intestin et par le faible rendement des produits terminaux de la digestion pour les synthèses. Alors que les aliments riches en matières grasses se déposent sans beaucoup de remaniements.

Les travaux de Coffey (1982) puis de Le Dividich et Noblet (1986) mettent en évidence les interactions entre la température ambiante et la concentration en énergie du régime des porcelets nourris à volonté: au froid leurs performances sont indépendantes de l'environnement thermique mais au chaud elles s'améliorent avec la concentration énergétique du régime (figure 10).

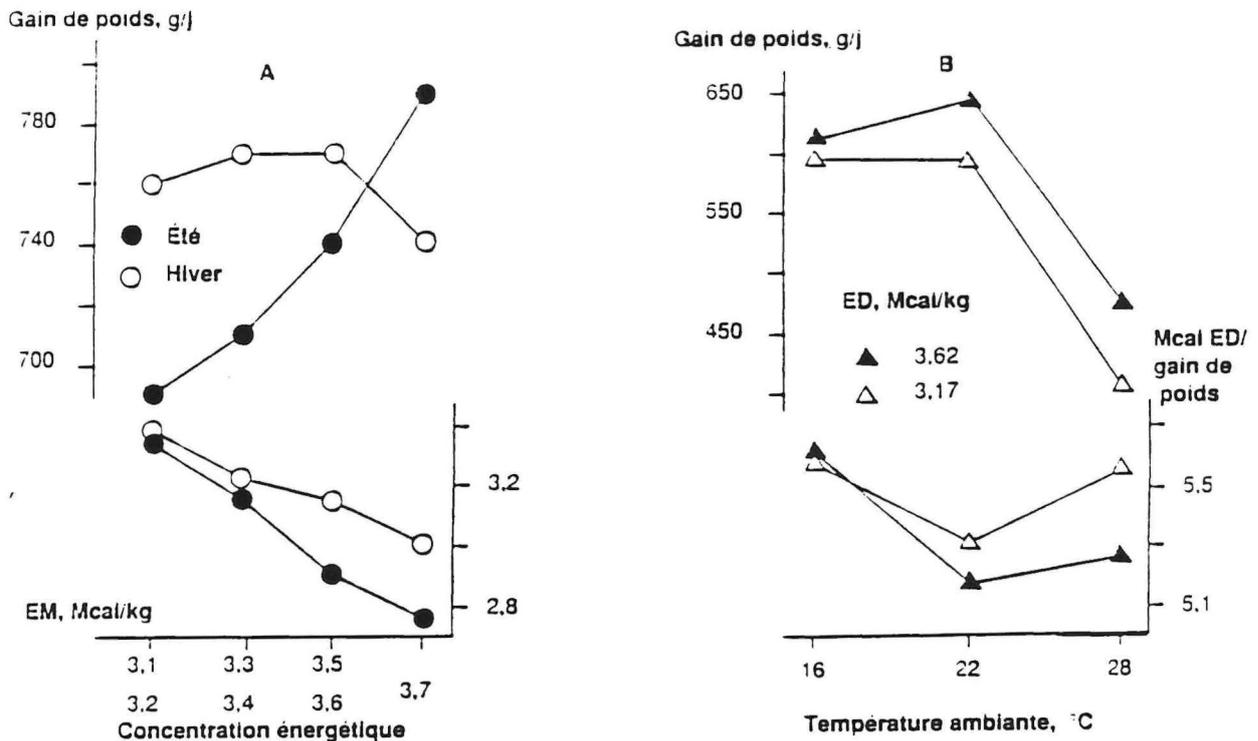


Figure 10: Influence de la saison ou de la température ambiante et de la concentration en énergie du régime alimentaire sur les performances du porcelet (A: Coffey et al., 1982) et du porc en croissance (B: Le Dividich et Noblet, 1986).

Noblet et al. expliquent (1985) que l'amélioration des performances à une température élevée avec un régime enrichi en matières grasses (donc plus concentré) est liée à l'augmentation de la consommation d'énergie digestible.

Inversement au froid la quantité d'énergie digestible ingérée ne varie pas avec la concentration énergétique du régime.

En conclusion les aliments à forte concentration énergétique procurent la meilleure efficacité alimentaire dans un environnement chaud et ceux dilués en énergie par incorporation de fibres dans un environnement froid. Enfin à une température ambiante élevée l'aliment doit être bien équilibré en acides aminés mais pas trop riche en protéines car un régime hyperazoté donne une importante production de chaleur et entraîne une réduction de l'énergie nette ingérée (noblet et al., 1987). A ce niveau, l'utilisation d'acides aminés de synthèse peut être intéressante.

CONCLUSION.

L'importance des conditions climatiques et de logement du porc et leurs conséquences économiques ne sont plus à montrer.

En milieu tropical où les températures sont relativement élevées ($> 25\text{ °C}$), on ne peut escompter avoir des résultats égaux à ceux réalisés dans les climats tempérés.

Les races dites améliorées sont moins bien adaptées aux températures ambiantes chaudes que les races locales rustiques; bien que comme, nous l'avons vu, les porcs sont capables de "s'adapter" en réduisant leur métabolisme de base et en modifiant leur morphologie selon la température d'élevage.

En revanche les races locales sont moins performantes.

Le croisement des deux peut donner des races métis intéressantes parcequ'il permet d'obtenir des animaux à la fois rustiques et performants.

Concrètement face à une température chaude il y a deux réactions possibles:

- augmenter les pertes de chaleur en jouant sur la vitesse de l'air et en pratiquant une nébulisation d'eau sur les porcs.

- baisser la production de chaleur en réduisant les quantités distribuées (rationnement) et en augmentant simultanément la concentration énergétique du régime.

LISTE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1.: Influence de la température ambiante sur la production de chaleur.

Figure 2.: Effet de la température ambiante sur les pertes de chaleur et leur répartition pour des porcs de 26 à 37 Kg.

Figure 3.: Effet du mouvement de l'air sur les pertes de chaleur de porcs pesant 60 à 70 Kg.

Figure 4.: Impact de quelques facteurs sur la température critique.

Figure 5.: Influence de la température ambiante sur la fixation des lipides et des protéines chez le porc en croissance de 35 Kg recevant 1580 g d'aliment par jour.

Figure 6.: Influence de la température ambiante sur l'utilisation de l'énergie selon le mode d'alimentation et le stade physiologique.

Figure 7.: Influence de la température ambiante sur les performances de croissance suivant le mode d'alimentation.

Figure 8.: Influence de la température ambiante sur la composition corporelle du porc à l'abattage.

Figure 9.: Influence de la température ambiante sur les performances de croissance, l'utilisation de l'énergie et la teneur en lipides du gain de poids vif vide du porc de 10 à 30 Kg alimenté à volonté.

Figure 10.: Influence de la saison ou de la température ambiante et de la concentration énergétique du régime alimentaire sur les performances du porcelet et du porc en croissance.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BERSCHAUER F., CLOSE W.H., STEPHENS D.B., 1983. The influence of protein/energy value of the ration and level of feed intake on the energy and nitrogen metabolism of growing pig. 2- N metabolism at 2 environmental temperatures. *Br. J. Nutr.*, 49, 271-283.

BRESK B., STOLPE J., 1982. Fattening performance tests for assesment of critical temperature of swine. *Monatsh. Veteriârmed.*, 37, 374-380.

BOND T.E., HEITMAN H., KELLY C.F., 1952. Heat and moisture loss from swine. *Agric. Eng.*, 33, 148-152.

BRUCE J.M., 1981. Ventilation and temperature control criteria for pigs. In *Environmental aspects of housing for animal production*, CLARK J.A. (Ed.), Butterworths, London, 197-216.

CAMPBELL R.G., TAVERNER M.R., 1988. Relationships between energy intake and protein end energy metabolism, growth and body composition of pigs kept at 14 or 32 °C from 9 to 20 Kg. *Livest.prod. Sci.*, 18, 289-303.

CLOSE W.H., 1978. The effects of plane nutrien and environmental temperature on the energy metabolism of the growing pig. 3- The efficiency of energy utilization for maintenance and growth. *Br. J. Nutr.* ,40, 433-438.

CLOSE W.H., MOUNT L.E., 1978. The effects of plane of nutrition and environmental temperature on the energy metabolism of the growing pig. 1- Heat loss and critical temperature. *Br. j. Nutr.*, 40, 413-421.

CLOSE W.H., MONT L.E., BROWN D., 1978. The effects of plane nutrition and environmental temperature on the energy metabolism of the growing pig. 2- Growth rate, including protein and fat composition. *Br. j. Nutr.*, 40, 423-431.

CLOSE W.H., 1981. The climatic requirements of the pig. In Environmental aspects of housing for animal production, CLARK J.A. (Ed.), Butterworths, London, 149-166.

CLOSE W.H., 1983. Interaction of environment on pig production. In: Guelph Pork symposium, 12-21.

COFFEY M.T., SEERLEY R.W., FUNDERBUKE D.W., Mc CAMPBELL H.C., 1982. Effect of heat increment and level of dietary energy and environmental temperature on the performance of growing-swine. J. Anim. Sci., 54, 95-105.

COMBERG G., WEGNER W., STEPHAN E., PLISCHKE R., FEDER H., REETZ I., 1973. Die Auswirkungen von Temperature oberhalb des Optimums (+ 30 °C) auf Pietrains, Belgische Landrasse und deren Kreuzungen., Züchtungskunde, 45, 366-374.

COMBERG VON G., STEPHAN E., FEDERH., WEGNER W., PLISCHKE R., REETZ I., 1974. Effets d'une température sub-optimale (+ 8 °C) sur des porcs à l'engrais Landrace Allemand et croisés Landrace Allemand x Landrace Belge, Züchtungskunde, 46, 285-292.

CHRISTON R. Influence du niveau d'alimentation sur la croissance et le dépôt lipidique chez le porc Large White élevé en milieu tropical. 1986, 18: 137-142.

CURTIS S.E., 1981. Environmental management in animal agriculture. Animal Environment Services, Mahomet, Illinois.

DAUNCEY M.J., INGRAM D.L., 1983. Evaluation of the effects of environmental temperature on body composition. J Agric. Sci., Camb., 101, 351-358.

DAUNCEY M.J., INGRAM D.L., LEDGE K.F., WALTERS D.E., 1983. Evaluation of the effects of environmental temperature and nutrition on growth and development. J Agric. Sci., Camb., 101, 291-299.

DAUNCEY M.J., INGRAM D.L., 1986. Acclimatization to warm or cold temperatures and the role of food intake. *J. Therm. Biol.*, 11, 89-93.

FULLER M.F., BOYNE A.W., 1971. The effects of environmental temperature on the growth and metabolism of pigs given different amounts of food. 2- Energy metabolism. *Br. J. Nutr.*, 28, 373-384.

FULLER M.F., DUNCAN W.R.H., BOYNE A.W., 1974. Effect of environmental temperature on the degree of unsaturation of depot fats of pigs given different amounts of food. *J. Food. Agric.*, 25, 205-210.

GEORGIEV J., GEORGIEVA R., KEHRER A., WEIL S., 1977. Beziehungen zwischen Umgebungstemperatur, Luftfeuchtigkeit und Energieumsatz beim Göttinger Miniaturschwein. *Berliner Münchener Tierärztl., Wochenschr.*, 90, 392-396.

HEATH M.E., 1984. The effects of rearing-temperature on body conformation and organ size in young pigs. *Comp. Biochem. Physiol.*, 77, 63-72.

HOLMES C.W., 1973. The energy and protein metabolism of pigs growing at a high ambient temperature. *Anim. Prod.*, 16, 117-133.

HOLMES C.W., CLOSE W.H., 1977. The influence of climatic variables on energy metabolism and associated aspects of productivity in the pig. In *Nutrition and climatic environment*, HARESIGN W., SWAN H., LEWIS D. (Eds), Butterworths, London, 51-73.

HOLMES C.W., Mc LEAN N.R., 1974. The effect of low ambient temperature on the energy metabolism of sows. *Anim. Prod.*, 18, 313-318.

INGRAM D.L., 1964. Evaporative cooling in the pig. *Nature*, 207, 74-76.

INGRAM D.L., 1965. The effect of humidity on temperature regulation and cutaneous water loss in the young pig. *Res. Vet. Sci.*, 6, 9-17.

INGRAM D.L., 1967. Stimulation of cutaneous glands in the pig. *J. Comp. Path.*, 77, 93-98.

JUST A., 1982. The net energy value of balanced diets for growing pigs. *Livest. Prod. Sci.*, 8, 541-555.

LE DIVIDICH J., 1986. Milieu climatique et logement. In *Le porc et son élevage*, Perez J.M., Maloine (Ed.), Paris, 1986, 353-370.

LE DIVIDICH J., VERMOREL M., NOBLET J., BOUVIER J.C., AUMAITRE A., 1980. Effects of environmental temperature on heat production, energy retention, protein and fat gain in early-weaned piglets. *Br. J. Nutr.*, 44, 313-323.

LE DIVIDICH J., NOBLET J., 1982. growth rate and protein and fat gain in early-weaned piglets housed below thermoneutrality. *Livest. Prod. Sci.*, 9, 731-742.

LE DIVIDICH J., NOBLET J., AUMAITRE A., 1982. Environmental requirement of early-weaned, intensively reared piglets. In: ASAE (Ed.). *Livestock environment. Proc. of second int. livestock environ. symp.*

LE DIVIDICH J., DESMOULIN B., DOUMAD J.Y., 1985. Influence de la température ambiante sur les performances de porc en croissance-finition en relation avec le niveau alimentaire. *Journées Rech. Porcine. en France*, 17, 275-282.

LE DIVIDICH J., NOBLET J., 1986. Effects of dietary energy level on the performance of individually housed early-weaned piglets in relation to environmental temperature. *Livest. Prod. Sci.*, 14, 255-263.

LE DIVIDICH J., NOBLET J., BIWAKA T., 1987. Effect of environmental temperature and dietary energy concentration on performance and carcass characteristics of growing-finishing swine fed to equal rate of gain. *Livest. Prod. Sci.*, 17, 235-246.

LE DIVIDICH J., RINALDO D., 1988. Influence de la teneur en lysine du régime et de la température ambiante sur les performances de croissance chez le porc. *Journées Rech. Porcine. en France*, 20, 415-418.

LE DIVIDICH J., RINALDO D., 1989. Effets de l'environnement thermique sur les performances du porc en croissance. Journées Rech. Porcine. en France, 21, 219-230.

LEFAUCHEUR L., LE DIVIDICH J., KRAUSS D., ECOLAN P., MOUROT J., MONIN G., 1989. Influence de la température d'élevage sur la croissance, le métabolisme musculaire, et la qualité de la viande. Journées Rech. Porcine. en France, 21, 231-238.

MORRISON S.R., HEITMAN H., BOND T.E., 1969. Effect of humidity on swine at temperatures above optimum. Int. J. Biometeor., 13, 135-139.

MOUNT L.E., 1968. The climatic physiology of the pig. Edward Arnold, London, 271 p.

MOUNT L.E., 1974. The concept of thermal neutrality. In heat loss from animals and man. MONTEITH J.L., MOUNT L.E. (Eds.), Butterworths, London, 425-439.

MOUNT L.E., 1975. The assessment of thermal environment in relation to pig production. Livest. Prod. Sci., 2, 381-392.

NICHOLS D.A., AMES D.R., HINES R.H., 1982. Effect of temperature on performances and efficiency of finishing swine. In: ASAE (Ed.), livestock environment. Proc. of the second int. livestock environ. symp.

NIENABER J.A., LEROY HAHN G., HRUSKA R.L., 1983. Performance of growing-finishing swine in response to the thermal environment. ASAE Mid-Central meeting, March 16, 1983, St Joseph, Missouri, paper n° MRC 83-137.

NOBLET J., LE DIVIDICH J., 1982. Effect of environmental temperature and feeding level on energy balance traits of early-weaned piglets. Livest. Prod. Sci., 9, 619-632.

NOBLET J., LE DIVIDICH J., BIWAKA T., 1985. Interaction between energy level in the diet and environmental temperature on the utilization of energy in growing pigs. *J. Anim. Sci.*, 61, 452-459.

NOBLET J., HENRY Y., DUBOIS S., 1987. Influence des teneurs respectives en protéines et en lysine du régime sur les performances et l'utilisation de l'énergie par le porc en croissance. *Journées Rech. Porcine. en France*, 19, 259-264.

NRC, 1981. Effect of environment on nutrient requirements of domestic animals. National Research Council, National Academy of sciences, Washington D.C., 152 pp.

RINALDO D., 1989. Influence de la température ambiante sur le métabolisme énergétique et tissulaire et le besoin en lysine du porc en croissance. Mise en évidence de l'intérêt d'une température élevée. Thèse de l'université de Rennes I, 124 pp.

RINALDO D., LE DIVIDICH J., SALAUN M.C., 1989. Influence d'une réduction de la température ambiante ou d'un abaissement nocturne de la température ambiante sur les performances du porcelet sevré. *Journées Rech. Porcine en France*, 21, 239-244.

RINALDO D., LE DIVIDICH J., 1991. Influence de la température ambiante sur les performances de croissance du porc. *INRA Prod. Anim.*, INRA (Ed.), Paris, 1991, 4 (1), 57-65.

RINALDO D., LE DIVIDICH J., 1991. Assessment of optimal temperature for performance and chemical body composition of growing pigs. *Livest. Prod.*, 29, 61-75.

STEINBACH J., 1978. Diurnal behaviour patterns of pigs in a tropical environment. *Proc. first World Congr. Ethol. Appl. Zootech.*, 157-163.

STHALY T.S., CROMWELL G.L., AVIOTTI M.P., 1979. The effect of environmental temperature and dietary lysine source and level on the performance and carcass characteristics of growing swine. *J. Anim. Sci.*, 49, 1242-1251.

STHALY T.S., 1986. Influence of the thermal environment on the performance of growing pigs. Feed Specialities Nutrition Seminar, February 11-12, 1986, Ames, Iowa, 12 pp.

TONKS H.M., SMITH W.C., BRUCE J., 1972. The influence of a high temperature, high humidity indoor environment on the performance of bacon pigs. *Vet. Rec.*, 90, 531-537.

VERSTEGEN M.W.A., 1971. Influence of environmental temperature on energy metabolism of growing pigs housed individually and in groups. Thesis. *Meded. Landbouwhogeschool Wageningen*, 2, 115 p.

VERSTEGEN M.W.A., CLOSE W.H., STARTI.B., MOUNT L.E., 1973. The effects of environmental temperature and plane of nutrition on heat loss, energy retention and deposition of proteins and fat in groups of growing pigs. *Br. J. Nutr.*, 30, 21-25.

VERSTEGEN M.W.A., VAN DER HAL W., 1974. The effects of temperature and type of floor on metabolic rate and effective critical temperature in groups of growing pigs. *Anim. Prod.*, 18, 1-11.

VERSTEGEN M.W.A., BRASCAMP E.W., VAN DER HAL W., 1978. Growing and fattening of pigs in relation to temperature of housing and feeding level. *Can. J. Anim. Sci.*, 58, 1-13.