

ÉCHANGES THERMIQUES AU NIVEAU DE LA PEAU DES PORCELETS ÉLEVÉS EN CLIMAT TROPICAL

I. — INFLUENCE DES CONDITIONS CLIMATIQUES ET DE LA RACE

P. BERBIGIER ⁽¹⁾

avec la collaboration technique de S. SOPHE

*Station de Bioclimatologie,
Centre de Recherches agronomiques des Antilles et de la Guyane, I. N. R. A.,
97170 Petit-Bourg (Guadeloupe)*

RÉSUMÉ

À partir de mesures de la température superficielle de la peau par radiothermométrie, de déterminations de la température rectale et des conditions climatiques ambiantes, on a pu calculer, à l'aide du bilan énergétique, les échanges thermiques au niveau de la peau du porcelet en climat tropical humide.

La contrainte climatique principale semble provenir du rayonnement thermique des parois. Lorsqu'on atténue cet effet par la pose d'isolant sur les parois exposées au soleil, la température ambiante joue un rôle déterminant.

Les animaux sont plus sensibles à la contrainte climatique et dégagent plus de chaleur après un repas qu'à jeun. En outre, on peut constater que l'un d'entre eux, de race *Large White*, semble à jeun, moins bien adapté aux conditions tropicales que ceux qui sont issus de croisements « créole » × *Large White*. Cependant, une extra-chaleur moins forte lui permet, après un repas, de supporter les fortes températures ambiantes aussi bien que les trois animaux croisés.

INTRODUCTION

L'adaptation du Porc en milieu chaud pose des problèmes délicats. En effet, si cet animal possède un pelage clairsemé, la couche adipeuse sous cutanée lui procure une forte isolation thermique. De plus, le Porc possède des glandes sudoripares bien développées, mais non fonctionnelles (INGRAM, 1964 a). Il est donc très sensible aux températures élevées et aux forts rayonnements.

Ce problème est particulièrement important lorsqu'il s'agit d'élever des porcs de races européennes à forte production dans les pays tropicaux. Les animaux ont souvent des difficultés à évacuer la chaleur qu'ils produisent.

⁽¹⁾ Adresse actuelle : Station de Bioclimatologie, Centre national de Recherches agronomiques, I. N. R. A., 78000 Versailles.

Nous avons cherché, au cours de ce travail, à analyser les différents facteurs qui peuvent modifier les pertes de chaleur, chez le Porcelet en climat tropical humide (Guadeloupe). Les influences de la température de l'air ambiant, de l'humidité de l'air, du rayonnement, de l'heure de la journée, et également celles des repas et de la race des animaux, ont été étudiées.

I. — MATÉRIEL, ET MÉTHODES

1. — *Animaux et alimentation*

Deux expériences ont été réalisées. Une expérience préliminaire a porté sur 18 animaux de race *Large White* entre leurs 5^e et 9^e semaines utilisés dans une étude de digestibilité de la mélasse (LE DIVIDICH *et al.*, 1974). La deuxième a été faite sur quatre porcelets femelles : trois issus du croisement « Créole × *Large White* » et un *Large White*. Deux d'entre eux, âgés de 2,5 mois à 3,5 mois, recevaient un aliment granulé à base de manioc et d'orge, comportant 20 p. 100 de matières azotées par rapport à la matière sèche ; les deux autres âgés de 3,5 à 4,5 mois, recevaient un aliment en farine à base de maïs comportant 18 p. 100 de matières azotées. La nourriture était fournie, soit *ad libitum*, soit sous contrôle étroit (animaux à jeun).

2. — *Local*

Les expériences se sont déroulées dans un abri recouvert de tôle ondulée, dont les parois latérales, grillagées, étaient munies de contrevents. Les animaux étaient placés, deux par deux dans la première expérience, individuellement dans la seconde, dans des boxes dont le fond en caillebotis permettait une évacuation aisée de l'urine et des fèces. Les parois grillagées et les caillebotis permettaient une bonne ventilation de l'abri, ventilation cependant atténuée par les contrevents et les parois des boxes.

Dans la première expérience, le rayonnement des parois des boxes en tôle ondulée variait très vite avec les alternances soleil-passages nuageux. Dans la seconde, on a doublé de plaques de polystyrène expansé de 2 cm d'épaisseur, toutes les parois exposées au soleil pour limiter cette variation. La température moyenne des parois restait alors très proche de celle de l'air ambiant.

3. — *Méthodes de mesure des échanges thermiques*

On a calculé la somme des différents flux de chaleur à la surface de la peau, à partir de mesures de température (BERBIGIER, 1975). La température rectale a été déterminée à l'aide d'un thermomètre au 1/10 de degré, la température de la peau et des parois par radiothermométrie, la température et l'humidité de l'air à l'aide d'un psychromètre.

a) *Essais préliminaires sur des animaux disposant d'aliment et d'eau de boisson à volonté* (18 animaux, 10 points de mesure par animal)

On a suivi, au cours du temps, l'évolution de la température de surface de 10 points du corps des porcelets (tête, dos, flanc, cuisse, épaule, ventre, bas-ventre, oreille, pattes avant et arrière), celle de leur température rectale et des conditions climatiques du local.

b) *Mesure des échanges thermiques* (4 animaux, 5 points de mesure par animal)

Par rapport à l'expérience précédente, on a cherché d'une part à rendre les conditions climatiques ambiantes suffisamment stables (par l'isolation des parois) pour permettre un calcul correct des pertes de chaleur, d'autre part à maîtriser l'influence du repas. Les mesures ont été faites selon le schéma suivant (tabl. 1) se répétant tous les quatre jours.

Sur des animaux « à jeun » depuis la veille à 17 h 30, on effectue une première série de mesures ; après les avoir alimentés, une deuxième série est effectuée en prenant les porcelets toujours dans le même ordre. On parvient ainsi à garder pour chaque animal un intervalle constant de 1 h 30 à 2 h entre les deux mesures. On alterne les observations sur le même animal, alimenté à volonté ou à jeun (tabl. 1).

TABLEAU I

Déroulement des mesures

Jours	Heures			
	8 h - 9 h 30	10 h - 11 h 30	14 h - 15 h 30	16 h - 17 h 30
1	à jeun	alimentés (depuis 2 h)		
2	alimentés (<i>ad. lib.</i>)	alimentés (<i>ad. lib.</i>)		
3			à jeun	alimentés (depuis 2 h)
4			alimentés (<i>ad. lib.</i>)	alimentés (<i>ad. lib.</i>)

Cinq points de mesure ont été retenus : tête, dos, flanc, cuisse et épaule. La température du ventre, qui pouvait être mouillé d'urine et qui, par sa position, posait un problème pour le calcul des échanges radiatifs, n'a pas été mesurée. On appellera température de surface du corps (T_s) la moyenne des températures observées en ces points.

II. — RÉSULTATS ET DISCUSSION

I. — *Essais préliminaires*

La température de surface du corps (sans tenir compte des accidents climatiques) a diminué d'environ 1°C entre la 5^e et la 9^e semaine de vie des porcelets. Cela peut être attribué soit à l'augmentation de l'épaisseur de graisse sous cutanée, soit à une adaptation progressive aux conditions ambiantes.

La valeur moyenne de la température de surface de la peau (T_s) est de l'ordre de 36°C pour une température de l'air ambiant (T_a) de l'ordre de 28°C. L'écart entre les températures du ventre et de la tête, qui représentent les valeurs extrêmes de la température de surface des parties centrales, est au maximum de 3°C. Les autres points ont des températures très voisines. Néanmoins, par ordre de température décroissante, on trouve pratiquement toujours : le flanc, le dos, l'épaule, la cuisse. Il semble que, plus on s'éloigne de la partie centrale du corps, plus la température diminue. Le phénomène paraît s'expliquer par le fait que les parties périphériques du corps sont vraisemblablement moins bien irriguées par le flux sanguin.

L'influence de la température de l'air ambiant (T_a) n'est sensible en général que sur les extrémités (pattes et oreilles), meilleurs échangeurs d'énergie. Par ailleurs, on n'a pu mettre en évidence aucune influence de l'humidité de l'air ambiant, élevée (80 p. 100) et assez stable, sur T_s .

La température radiative des parois T_p au moment de la mesure ne semble pas jouer un grand rôle. Par contre le rayonnement « passé », c'est-à-dire la somme des énergies radiatives reçues avant la mesure, paraît être le facteur principal de variation de T_s . Les porcelets présentent donc une inertie thermique qui explique que les valeurs de T_s soient plus élevées l'après-midi, alors que souvent, T_a et T_p ont tendance à diminuer (ciel couvert l'après-midi).

En conclusion, la principale contrainte provient du rayonnement « passé » des parois, conséquence de l'ensoleillement. Cet effet masque en partie l'influence de la température de l'air ambiant qui existe cependant, surtout sur les parties périphériques du corps. L'humidité de l'air semble jouer un rôle très réduit, ce qui est compréhensible pour un animal privé de la possibilité de transpirer.

2. — *Expérience sur 4 animaux*

Au cours de l'expérience qui a duré un mois, les animaux présentaient une consommation régulière et un gain de poids pratiquement constant de 0,65 à 0,70 kg par jour. On n'a pu mettre en évidence aucune relation entre l'âge et la température de surface du corps, contrairement au cas d'animaux plus jeunes (1^{re} expérience).

a) *Température de surface de la peau.*

La température des parois isolées étant très proche de la température de l'air T_a , celle-ci représente alors le facteur climatique déterminant. On a calculé les droites de régression de T_s sur T_a (tabl. 2 et fig. 1) dans les cas suivants :

- animaux à jeun ; mesures à 8 et 14 h ; 9 données,
- animaux alimentés ; mesures à 8 et 14 h ; 8 données,
- animaux alimentés ; mesures à 8 h, 10 h, 14 h et 16 h ; 25 données.

L'analyse de covariance nous permet de mettre en évidence les points suivants :

— dans le cas des animaux alimentés, si l'on compare deux à deux, pour chaque animal, les droites de régression obtenues à partir de 8 et de 25 données, on ne constate aucune différence significative. Il semble donc que les animaux alimentés réagissent de façon comparable aux variations de température ambiante, aux heures de mesure considérées. Cependant, par la suite, on comparera de préférence les données des animaux à jeun à celles des animaux nourris aux mêmes heures ;

— les élévations (mais non les pentes) des deux droites de régression communes aux quatre animaux alimentés (8 et 25 données) sont toutes deux statistiquement supérieures ($P < 0,01$) à l'élévation de la droite de régression commune aux animaux à jeun. Il y a donc un effet sensible de l'alimentation sur le niveau des températures superficielles. Par contre la variation de la température superficielle pour une variation unitaire de la température ambiante n'est pas significativement différente lorsque les animaux sont à jeun ou alimentés.

— De même la variation de température superficielle pour une variation unitaire de la température ambiante (pente des droites) ne présente pas de différence significative entre les 4 porcelets lorsqu'ils sont à jeun. Les élévations des trois droites correspondant aux porcelets croisés à jeun ne sont pas non plus significativement différentes. Par contre l'élévation de la droite de régression correspondant à l'animal n° 3378 (*Large White*) à jeun, est statistiquement supérieure ($P < 0,01$) aux éléva-

TABLEAU 2

Régressions de T_s (Y) sur T_a (X) pour les différents animaux

N° animaux	A jeun	Alimentés (1 ^{re} expérience)	Alimentés (ensemble des expériences)
3376 Croisé	$n = 9$ $Y = 0,698 X + 16,4$ $r = 0,84^{**}$	$n = 8$ $Y = 0,414 X + 24,4$ $r = 0,83^{**}$	$n = 25$ $Y = 0,515 X + 21,7$ $r = 0,80^{**}$
3378 L. H.	$n = 9$ $Y = 0,437 X + 23,4$ $r = 0,61^*$	$n = 8$ $Y = 0,372 X + 25,9$ $r = 0,65^*$	$n = 25$ $Y = 0,424 X + 24,6$ $r = 0,61^{**}$
3423 Croisé	$n = 9$ $Y = 0,609 X + 18,1$ $r = 0,90^{**}$	$n = 8$ $Y = 0,567 X + 20,7$ $r = 0,82^{**}$	$n = 25$ $Y = 0,285 X + 27,2$ $r = 0,35$
3420 Croisé	$n = 9$ $Y = 0,526 X + 20,5$ $r = 0,90^{**}$	$n = 8$ $Y = 0,353 X + 26,4$ $r = 0,69^*$	$n = 25$ $Y = 0,391 X + 25,3$ $r = 0,49^{**}$
Ensemble	$n = 36$ $Y = 0,576 X + 19,4$ $r = 0,72^{**}$	$n = 32$ $Y = 0,382 X + 25,4$ $r = 0,66^{**}$	$n = 100$ $Y = 0,426 X + 24,2$ $r = 0,55^{**}$

* : Significatif ($P < 0,05$).

** : Significatif ($P < 0,01$).

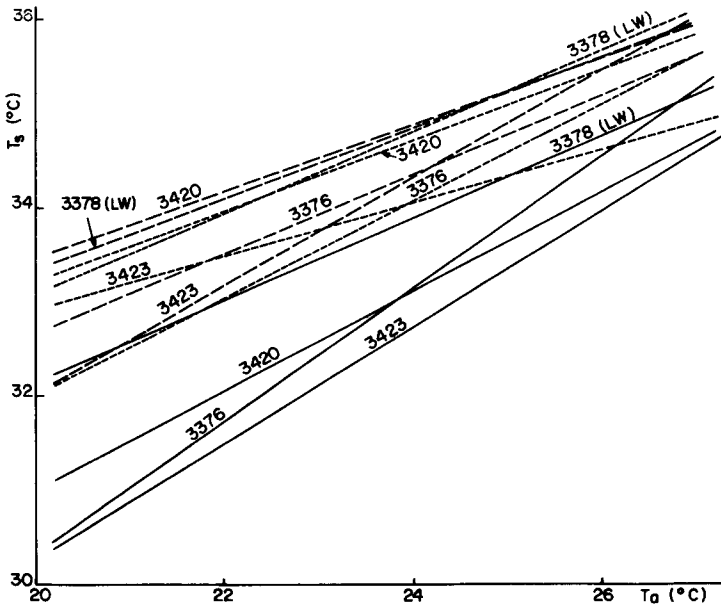


FIG. 1. — Droites de régression de la température de surface de la peau (T_s) en fonction de la température ambiante (T_a)

- Animaux à jeun (9 points)
- - - Animaux alimentés (8 points)
- Animaux alimentés (25 points)

tions de ces trois droites. L'animal n° 3378 a donc alors une température superficielle plus élevée que les trois autres animaux.

— La dispersion des points (variance résiduelle) autour des droites communes aux quatre animaux à jeun ou alimentés (8 et 25 points) n'est pas statistiquement différente, bien qu'on constate, dans certains cas individuels (animal n° 3523), l'existence de très fortes dispersions, lorsque les animaux ont été alimentés.

En résumé, trois points importants se dégagent de cette analyse, le premier est l'augmentation de la température superficielle, à température ambiante égale, consécutive au repas. Le deuxième est que les pentes des droites de régression de la température superficielle de la peau en fonction de la température ambiante ne sont pas significativement différentes entre les animaux à jeun et alimentés. Le troisième est la température superficielle plus élevée, à jeun, de l'animal n° 3378 (*Large White*) que celle des trois autres animaux.

b) *Dissipation de chaleur au niveau de la peau.*

En l'absence de conduction (porcelets sur caillebotis), c'est la somme des flux de chaleur latente (Φ_l), sensible (Φ_s) et radiative (Φ_r) : ces flux sont fonction de différences de température (Φ_s), de pression partielle de vapeur d'eau (Φ_l) et de rayonnement (Φ_r) entre la peau des porcelets et le milieu ambiant.

$$\Phi_i = - (\Phi_l + \Phi_s + \Phi_r) \quad (1)$$

Φ_i : flux de chaleur dégagé par unité de surface de peau (Wm^{-2}).

D'après les résultats que nous avons obtenus pour $T_a \simeq 24^\circ\text{C}$, Φ_l représente environ 10 p. 100 du total, Φ_s 35 p. 100 et Φ_r 55 p. 100 par unité de surface réelle de peau. Mais il faut noter que ces proportions ne sont plus valables pour l'ensemble du corps. En effet les surfaces « effectives » de radiation et de convection sont différentes : si, pour un porcelet debout, pratiquement toute la surface de la peau participe à la convection, par contre, certaines parties du corps (intérieur des pattes, bas-ventre) rayonnent les unes vers les autres avec un bilan radiatif nul (MOUNT, 1968). Le flux radiatif global est donc moins important en pourcentage que les valeurs locales rapportées ci-dessus.

Si l'on trace les variations de Φ_i en fonction de T_a (fig. 2), on voit que les droites de régression forment deux faisceaux :

- les 4 porcelets alimentés et le porcelet *Large White* à jeun (Φ_i moyen de l'ordre de 105 Wm^{-2}) ;
- les 3 porcelets croisés à jeun (Φ_i moyen de l'ordre de 92 Wm^{-2}).

Comme Φ_i est calculé en faisant intervenir T_a , les coefficients de corrélation sont surestimés en valeur absolue : cependant leur comparaison fournit une indication utile de l'influence de la température pour les différents animaux à jeun ou alimentés.

A jeun, les porcelets croisés dégagent moins de chaleur, et cette production dépend moins de T_a , que lorsqu'ils ont été alimentés. Le comportement du porcelet *Large White* (n° 3378) est très semblable à jeun et après repas : la diminution de flux lorsque la température ambiante augmente est très importante dans les deux cas. On constate de plus qu'à jeun, le dégagement de chaleur du porc croisé le plus âgé (n° 3376) diminue plus vite que celui des deux autres lorsque la température ambiante

augmente. Il est possible que cette inadaptation aux températures élevées soit due à l'âge de l'animal, mais compte tenu du nombre réduit d'animaux et de mesures, on ne peut conclure.

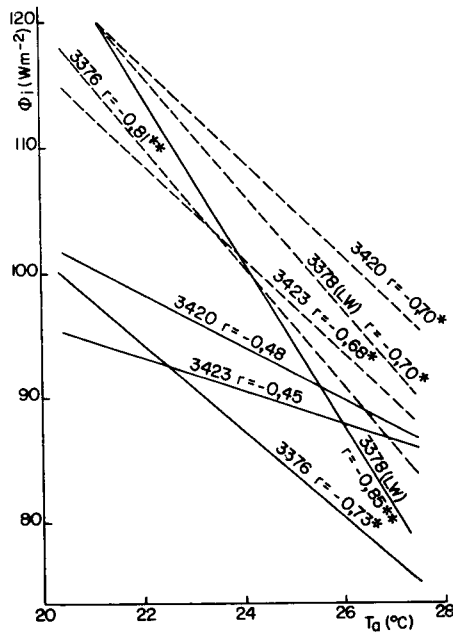


FIG. 2. — Droite de régression du flux de chaleur cutané (Φ_i) en fonction de la température ambiante (T_a)

— Animaux à jeun (9 points)
 - - - - - Animaux alimentés (8 points)

On peut lier l'augmentation de Φ_i après ingestion d'un repas à la notion d'Action Dynamique Spécifique des Aliments (CHARLEY-LÉRY, 1961 ; MITCHELL, 1964). Cependant, si on considère la valeur moyenne de la différence de flux entre l'ensemble des animaux à jeun et alimentés, on trouve une valeur d'environ 10 Wm^{-2} . Or (CHARLET-LÉRY, 1960), l'ordre de grandeur de l'extra-chaleur due à l'ADS serait au minimum de 25 Wm^{-2} pour un porc *Large White* de 40 kg ingérant 1 030 g de matière sèche par jour en deux repas, valeur moyenne entre la 30^e et la 420^e minute après le repas, donc ne comprenant pas le pic de production de chaleur dû à l'ingestion des aliments.

De plus, si on considère les résultats individuels, la valeur trouvée pour le n° 3378 (*Large White*) n'est que d'environ 5 Wm^{-2} , les trois autres porcs présentent des différences variant entre 12 et 15 Wm^{-2} . Les mesures sur les porcelets « à jeun » étant effectuées au minimum 16 heures après le dernier repas, il est peu vraisemblable que ceux-ci aient encore une activité digestive importante. De toute façon, le dégagement de chaleur dépendant fortement de l'état d'agitation des animaux, excités par la faim, on peut difficilement attribuer ces résultats à la seule ADS des aliments.

Le fait que le dégagement de chaleur diminue plus vite lorsque la température de l'air ambiant T_a augmente, dans le cas des animaux alimentés et du *Large White*

à jeun, semble indiquer que les animaux régulent alors plus difficilement leurs échanges thermiques. L'étude du coefficient de conduction du corps permet de confirmer cette hypothèse.

c) Coefficient de conduction thermique du corps (C_i).

— Définition.

$$C_i = \frac{\Phi_i}{T_i - T_s} \quad (2)$$

C_i en $\text{Wm}^{-2} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

Φ_i : Flux de chaleur dissipée par unité de surface de peau (Wm^{-2})

T_i : Température rectale ($^\circ\text{C}$)

T_s : Température superficielle de la peau ($^\circ\text{C}$).

— Ordre de grandeur (fig. 3).

Les valeurs de C_i sont de l'ordre de 10 à 20 $\text{Wm}^{-2} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ pour les animaux à jeun, valeurs proches de celles d'INGRAM (1964 b).

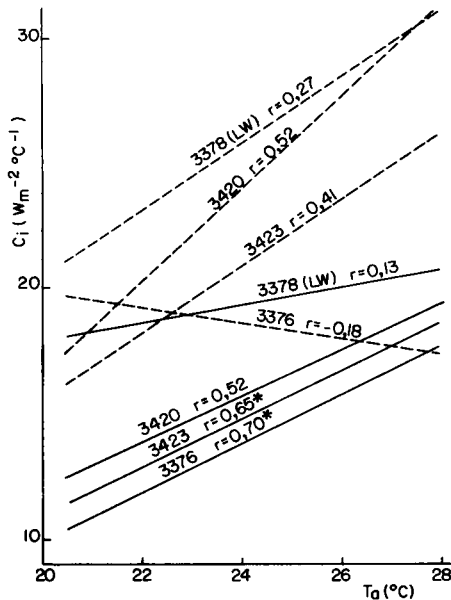


FIG. 3. — Droites de régression du coefficient de conduction du corps (C_i) en fonction de la température ambiante (T_a)

— Animaux à jeun (9 points)
 - - - - - Animaux alimentés (8 points)

Pour les animaux nourris, les valeurs de C_i se situent entre 15 et 30 $\text{Wm}^{-2} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$.

On constate :

— que les résultats pour les porcelets croisés à jeun sont très groupés : C_i dépend largement de T_a . Le *Large White* à jeun présente des valeurs de C_i supérieures aux trois autres (plus forte vasodilatation) et dépendant moins de la température ;

— que les résultats pour les animaux nourris sont plus dispersés. Les valeurs de C_i sont en général supérieures à celles des animaux à jeun ;

— l'animal n° 3376 semble se comporter différemment des autres (C_i plus faible, indépendant de T_a) mais la dispersion des points est telle qu'on ne peut conclure.

Le coefficient de conduction, tel qu'il est défini intègre le transfert de chaleur des parties centrales aux parties périphériques du corps par le flux sanguin et le flux de chaleur du plan sanguin à la surface de la peau. Il doit donc dépendre à la fois du rythme cardiaque et des phénomènes de vasodilatation. INGRAM (1964 a) ne note qu'une augmentation de 23 p. 100 du pouls entre 10 et 30°C (température ambiante) pour des porcs en croissance observés plus de 3 h après un repas. Cette variation semble insuffisante pour rendre compte des variations de C_i de nos porcs « croisés » à jeun. Ceux-ci semblent réagir aux variations de T_a principalement par la vasodilatation. Le *Large White* à jeun a un coefficient assez constant de 20 $Wm^{-2} °C^{-1}$ qui d'après INGRAM (1964 b) correspond à la vasodilatation maximale. Il semble donc avoir épuisé ses possibilités de réguler ses pertes thermiques par ce moyen, ce qui explique la diminution rapide du flux de chaleur cutané quand la température de l'air ambiant augmente.

Les coefficients de conduction de tous les animaux alimentés, bien que très variables, ne sont reliés en aucun cas par une corrélation significative à la température de l'air ambiant. Les porcs sont alors vraisemblablement à leur vasodilatation maximale. Ces caractéristiques du coefficient de conduction expliquent en tous cas le flux de chaleur plus important, ainsi que sa diminution plus rapide lorsque T_a augmente.

III. — CONCLUSION

Cette étude, destinée avant tout à tester les possibilités sur les porcs de la méthode de mesure des échanges thermiques par radio-thermométrie, n'avait pas pour but de fournir des résultats complets. Cependant trois faits en ressortent :

— les animaux alimentés sont soumis à un stress thermique plus important qu'à jeun ;

— le porcelet *Large White* à jeun semble nettement moins bien adapté au climat tropical que les trois animaux issus de croisements avec les porcs indigènes ;

— après les repas cependant, il semble pouvoir compenser ce handicap par une extra-chaleur plus faible que celle des porcelets croisés.

Il ne semble pas possible de généraliser ces conclusions compte tenu du faible nombre d'observations et d'animaux. Ces résultats doivent être complétés avec des lots importants de porcs en croissance-finition, en suivant les variations de Φ_i et C_i au cours de la journée et en particulier à la suite des repas. Il serait intéressant également d'étudier le comportement des porcs locaux non croisés (porc « planche ») et de voir ce qui se passe à des températures inférieures, où l'adaptation doit jouer en sens inverse.

SUMMARY

CUTANEOUS HEAT EXCHANGES OF PIGLETS REARED IN A TROPICAL CLIMATE.

I. — INFLUENCE OF CLIMATIC CONDITIONS
AND INFLUENCE OF THE BREED

From radiothermometric measurements of skin surface temperature, determinations of rectal temperature and ambient climatic parameters, the cutaneous heat exchanges of piglets in a wet tropical climate were calculated by means of the energy balance method.

The main climatic stress seemed to be due to the thermal radiation of the walls. When this effect was reduced by insulating the walls exposed to the sun, the ambient temperature became the main parameter.

The animals were more sensitive to the climatic conditions and gave out more heat after a meal than when fasting. Furthermore, it was observed that one of them (a *Large White* piglet), when fasting, was less adapted to tropical conditions than the « Creole » × *Large White* crossbreds. However, after the meals, the *Large White* piglet seemed to be able to compensate this handicap by a lower extra-heat production than the crossbred piglets.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BERBIGIER P., 1975. Sur la mesure des échanges de chaleur au niveau de la peau des porcs élevés sous abri par la méthode du bilan d'énergie. *Ann. Zootech.*, **24**, 413-422.
- CHARLET-LÉRY G., 1961. Relation entre action dynamique spécifique et niveau de consommation de matière sèche et d'azote. *Proc. 2nd Symposium on Energy Metabolism*, Wageningen, 11-15 September 1961, 177-186.
- CHARLET-LÉRY G., 1960. Importance des dépenses postprandiales selon le type de rationnement chez le Porc et influence de ce dernier sur le métabolisme de base approché. *Proc. 11th Congr. Int. Nut.*, **5**, 23-30.
- INGRAM D. L., 1964 a. The effect of Environmental Temperature on Heat Loss and Thermal Insulation in the Young Pig. *Res. Vet. Sci.*, **5**, 357-364.
- INGRAM D. L., 1964 b. The effect of Environmental Temperature on Body Temperatures, Respiratory Frequency and Pulse Rate in the Young Pig. *Res. Vet. Sci.*, **5**, 348-356.
- LE DIVIDICH J., SÈVE B., CANOPE I., KEMPF H., 1974. Essai d'utilisation de fortes proportions de mélasse de canne à sucre dans les rations du porcelet sevré à 5 semaines et du porc en croissance-finition *Journées Rech. Porcine en France*, Paris, I. N. R. A., I. T. P., 199-207.
- MITCHELL H. H., 1964. *Comparative Nutrition of Man and Domestic Animals*, 471-565. Ed. Academic Press, New York and London.
- MOUNT L. E., 1968. *The climatic physiology of the pig*, 180-183. Ed. Edward Arnold Ltd, London.