

ETUDE COMPAREE DES MICROCLIMATS ET DES PERFORMANCES ZOOTECNIQUES DANS CINQ PORCHERIES D'ENGRAISSEMENT (1)

B. de LA FARGE, C. TEXIER, R. GRANIER

I.T.P. Service Bâtiment et Environnement - 149, rue de Bercy - 75579 Paris Cedex 12

De nombreux auteurs ont montré l'existence de relations entre l'environnement climatique et les performances des animaux.

L'action de la température sur la vitesse de croissance a été étudiée par SAINSBURY, OBER et BOND. On sait également que le gain moyen quotidien des porcs et leur indice de consommation sont améliorés lorsque l'amplitude des variations de la température ambiante, autour de la moyenne, est faible.

HALE, COEY, COMBER et PFEIFER, ont montré l'influence de l'hygrométrie intérieure d'un bâtiment sur les performances et l'état sanitaire des animaux. L'importance de la vitesse de l'air a été mise en évidence par NAVE, OLVER, SHOVE, CROISET et PETIT.

Toutes ces études n'ont porté que sur un seul des paramètres climatiques (température, hygrométrie ou vitesse) et le plus souvent sur la température ambiante dont l'effet sur les performances des animaux est le mieux connu.

Dès 1931 pourtant, MISSEWARD avait proposé l'utilisation d'une notion plus synthétique du climat : la température résultante équivalente (TRE) qui tenait compte à la fois de la température de l'air, de la température des parois, de l'humidité relative et de la vitesse de l'air à l'intérieur d'un local.

Trois chercheurs FINN-KELCEY, ADDIS et HALE ont tenté de mettre en évidence l'influence de cette température résultante équivalente sur les performances des animaux.

INTRODUCTION

L'objet de notre étude était d'utiliser les résultats de ces auteurs afin de déterminer et de tester un moyen d'appréciation et de maîtrise du microclimat à l'intérieur de plusieurs porcheries d'engraissement.

Notre point de départ a été l'index de confort B (*) proposé pour le veau par K.L. PETIT (1968) en reprenant divers travaux menés sur la température résultante équivalente. L'intérêt de cet index est d'établir un lien entre la température résultante équivalente (fonction de t_a , t_b , HR et V) et les animaux par l'intermédiaire de leur poids (P) et de leur température corporelle (t_c).

A la notion de "microclimat" défini par les composantes climatiques habituelles nous substituons celle de "bioclimat" défini par l'index B ou index bioclimatique.

$$(*) B = 0,02 P - 10 + 0,25 [2t_b + X - (t_c - t_a) \sqrt{V}]$$

où : P = poids des animaux (kg)
 t_c = température rectale des animaux (°C) - égale à une constante.
 t_b = température résultante sèche du local (°C)
 t_a = température de l'air intérieur (°C)
V = vitesse de l'air (m/s)
X = poids d'eau (g/kg d'air sec)
avec $t_b = 0,47 t_a + 0,53 t_{\text{paroi}}$
 $X = 0,01 HR [4,545 + 0,017 t_a + 0,025 t_a^2]$

(1) Ce travail a fait l'objet d'un mémoire de fin d'études présenté à l'ISARA de Lyon par MM. REMONDAT et SANCHEZ.

En 1974, nous avons utilisé une "échelle comportementale" pour établir les relations existant entre les différentes valeurs de l'index bioclimatique et le bien-être des animaux apprécié subjectivement par le pourcentage d'observations "favorables" de leur comportement (tableau 1).

TABLEAU 1

RELATIONS ENTRE L'INDEX BIOCLIMATIQUE (B) ET LE BIEN-ETRE DES PORCS

B	% OBSERVATIONS DU COMPORTEMENT FAVORABLES	APPRECIATION DU CLIMAT
- 9	7	Beaucoup trop froid
- 7	50	Trop froid
- 5	63	Froid
- 3	65	Confortablement frais
- 1	87)	Optimal
+ 1	84) -	Optimal
+ 3	58	Confortablement chaud
+ 5	47	Chaud
+ 7	45	Trop chaud
+ 9	10	Beaucoup trop chaud

Ces résultats nous montrent que l'index peut être un outil d'appréciation de l'ambiance d'un bâtiment. Il permet de préciser un diagnostic et d'effectuer une véritable gestion bioclimatique du local.

Mais la relation index - bien-être n'est pas suffisante, aussi avons-nous voulu étudier si :

- l'index nous permettait d'apprécier les microclimats de plusieurs porcheries d'engraissement soumises au même moment à un climat extérieur identique,
- ces mêmes bâtiments, différents de part leur conception, permettaient de réaliser des ambiances équivalentes ou non,
- les performances des porcs à l'engrais étaient liées à cet index.

MATERIEL ET METHODES

● Les animaux :

Cinq porcheries d'engraissement construites sur la station expérimentale de Villefranche-de-Rouergue (Aveyron) ont été approvisionnées le même jour (10/07/1974) avec 815 porcelets de 25 kg fournis par cinq groupements de producteurs de porcs du Sud-Ouest. Chaque porcherie recevant un nombre différent d'animaux (71-160-184 ou 240) de provenances diverses (1 - 2 ou 3 fournisseurs) nous avons dû réserver un effectif de 160 porcelets fournis par un même groupement pour constituer le lot expérimental.

Ces porcelets de type croisé L x LW ont été répartis en 32 blocs expérimentaux de 5 animaux de même sexe (16 blocs mâles, et 16 blocs femelles). A l'intérieur d'un même bloc chaque individu est affecté au hasard à l'un ou l'autre des cinq bâtiments expérimentaux.

● L'alimentation :

Tous les animaux ont reçu le même aliment "Porc croissance" dosant 3.150 Kcal d'énergie digestible, 15,5 % de protéines brutes, 0,75 % de lysine et 4 % de cellulose).

Le mode de distribution était variable :

- farine humide à l'auge pour les bâtiments B2 et B5,
- farine sec au sol pour les bâtiments B1, B3 et B4.

Le plan de rationnement appliqué était progressif de 30 à 80 kg puis plafonné à 2,6 kg/porc/jour à partir de 80 kg de poids vif.

● **Les bâtiments :**

Les cinq bâtiments présentent les caractéristiques essentielles suivantes :

- 3 bâtiments à 1 rang :
 - à ventilation statique (B5)
 - à ventilation dynamique par dépression (B2)
 - à ventilation dynamique par surpression (B1)
- 2 bâtiments à 2 rangs :
 - à ventilation dynamique par dépression (B4)
 - à ventilation dynamique par surpression (B3)

TABLEAU 2
CARACTERISTIQUES DES PORCHERIES D'ENGRAISSEMENT

BATIMENT	B 1	B 2	B 3	B 4	B 5	
TYPE	10 loges 1 rang	10 loges 1 rang	20 loges 2 rangs	20 loges 2 rangs	12 loges 1 rang	
Surface par porc (m ²)	Gisoir	0,79	0,71	0,71	0,75	0,57
	Caillebotis	0,26	0,25	0,25	0,22	0,50
	totale	1,05	0,96	0,96	0,97	1,07
Volume total (m ³)	724	638	448	616	–	
Nombre porcs présents	240	160	160	184	71	
Volume/porc (m ³)	3,0	4,0	2,8	3,4	1,0 (gisoir)	
K parois (1)	1,05	0,73	0,97	0,44	–	
K plafond	0,57	0,54	0,64	0,55	–	
Ventilation	Dynamique par surpression	Dynamique par dépression	Dynamique par surpression	Dynamique par dépression	Statique	
Débit max. (m ³ /h)	60 000	31 500	25 000	57 600	0	
Chauffage	Radiant (IR)	Chauffage central	Air chaud pulsé	aérotherme	Non	

(1) K (coefficient de transmission thermique) représente la quantité de chaleur transmise par une paroi. Il s'exprime en kilocalories/heure/m² pour une différence de température de 1°C.

● **Les périodes de contrôle :**

La durée totale de l'essai (112 j.) a été décomposée en 4 périodes successives de 4 semaines chacune.

PERIODE	DATES	POIDS DES ANIMAUX
P 1	du 16/7 au 22/8	de 30 à 45 kg
P 2	du 23/8 au 19/9	de 45 à 65 kg
P 3	du 20/9 au 17/10	de 65 à 85 kg
P 4	du 18/10 au 14/11	de 85 à 105 kg

● **Les contrôles zootechniques :**

La pesée individuelle des porcs tous les 28 jours et le contrôle quotidien des quantités d'aliment distribuées par loge permettent de mesurer la vitesse de croissance des animaux ainsi que leur indice de consommation.

Les observations effectuées à l'abattage portent sur le rendement, l'épaisseur de lard dorsal et le classement commercial des carcasses.

● **Les contrôles climatiques :**

Ils sont effectués toutes les deux heures, soit 12 fois par jour dans chaque bâtiment.

Ils concernent 5 paramètres :

- la température extérieure (te)
- les températures d'air ambiant (ta)
- les températures résultantes sèches ou températures "boule" (tb)
- les humidités relatives de l'air ambiant (hr)
- la vitesse de l'air intérieur ($\sqrt{\quad}$) mesurée seulement dans la porcherie B1.

A l'aide de tables de calculs et des dispositifs de climatisation propres à chaque porcherie nous avons essayé de régler régulièrement les différents paramètres climatiques de façon à obtenir des valeurs de l'index bioclimatique voisines de l'optimum (B = 0).

RESULTATS

a) **PERFORMANCES ZOOTECHNIQUES :**

Pour la période expérimentale considérée (112 jours) les performances d'engraissement moyennes calculées sur les 160 porcs de notre échantillon sont les suivantes :

Poids initial	31,3 kg	I.C.	3,35 kg
Poids final	106,4 kg	Consommation/porc	2,25 kg/j
GMQ	670 g		

Le tableau suivant donne les gains moyens quotidiens observés par bâtiment et par période.

TABLEAU 3

VITESSES DE CROISSANCE PAR BATIMENT ET PAR PERIODE (GMQ en g)

BATIMENT	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	MOYENNE
P ₁ (30 - 45 kg)	556	534	585	546	516	549
P ₂ (45 - 65 kg)	621	748	699	701	714	697
P ₃ (65 - 85 kg)	822	835	705	730	716	762
P ₄ (85 - 105 kg)	614	754	668	600	746	676
de 30 à 105 kg	652	718	661	644	676	670

Sur l'ensemble des 4 périodes de contrôle c'est le bâtiment B₂ qui permet la meilleure croissance. Il faut rester prudent dans l'interprétation de ce résultat mais l'on doit remarquer que cette porcherie ventilée par dépression dispose du plus grand volume disponible (4 m³/porc) et possède un système d'alimentation en soupe.

L'abattage des animaux a été réalisé dans la semaine qui suivait la fin de la période expérimentale. La qualité des carcasses était assez bonne si l'on se réfère au classement commercial moyen obtenu (58 % en classes I et II). L'épaisseur de lard dorsal des animaux engraisés dans le bâtiment semi-plein-air (B₅) est significativement plus faible que dans les autres bâtiments. Le meilleur rendement d'abattage est obtenu dans la porcherie B₂, mais c'est aussi celle où le poids d'abattage est le plus élevé.

TABLEAU 4
QUALITE DES CARCASSES

BATIMENT	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅
Poids vif (kg)	104,0	113,3	109,6	104,4	107,3
Poids mort (kg)	83,0	91,7	87,9	83,6	85,9
Rendements (%)	79,6	81,1	80,3	80,6	80,1
Lard $\frac{R + D}{2}$ (mm)	28,3	28,4	28,0	26,4	25,1
% carcasses I + II	47	61	58	66	59

b) RESULTATS BIOCLIMATIQUES :

Les valeurs moyennes observées pendant la durée de l'essai dans les cinq bâtiments sont regroupées dans le tableau 5.

TABLEAU 5
MOYENNE, ECART-TYPE ET COEFFICIENT DE VARIATION DES COMPOSANTES CLIMATIQUES

COMPOSANTES CLIMATIQUES	\bar{X}	σ	CV %
Température extérieure (°C)	12,4	7,1	57,3
Température ambiante (°C)	18,9	4,3	22,8
Température "boule" (°C)	19,3	4,1	21,2
Humidité relative (%)	67,5	10,6	15,7
Index bioclimatique	- 0,7	3,2	-

Le calcul des coefficients de corrélation entre les différentes composantes climatiques (tableau 6) confirme l'existence d'une forte liaison entre les trois températures (ta, tb et te). L'indépendance des variables humidité relative et températures intérieures est plus grande puisque 20 à 25 % seulement de la variance de l'hygrométrie est expliquée par la variation des températures (ta et tb). Il sera donc difficile de chauffer un bâtiment sans abaisser l'hygrométrie intérieure.

TABLEAU 6
MATRICE DES COEFFICIENTS DE CORRELATIONS CALCULES
ENTRE LES COMPOSANTES CLIMATIQUES

	tb	te	Hr
ta	0,98	0,83	- 0,45
tb		0,79	- 0,51
te			- 0,13

Pour comparer les microclimats des cinq bâtiments nous avons examiné la répartition des valeurs de l'index bioclimatique B.

Nous avons constaté que pour la période considérée (de juillet à Novembre) les valeurs extrêmes observées étaient comprises entre -7 et $+7$. Son évolution dans chaque bâtiment et pour chaque période de contrôle a été appréciée par le pourcentage de valeurs comprises entre -2 et $+2$, zone de confort optimum (tableau 7).

TABLEAU 7
EVOLUTION DE L'INDEX BIOCLIMATIQUE PAR BATIMENT ET PAR PERIODE
(% VALEURS DE B COMPRISES ENTRE -2 et $+2$).

BATIMENT	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅
P ₁ (26/7 - 22/8)	39	56	54	52	29
P ₂ (23/8 - 19/9)	26	64	45	58	52
P ₃ (20/9 - 17/10)	29	68	9	58	39
P ₄ (18/10 - 14/11)	27	82	27	56	55
du 26/7 au 14/11	30	67	34	56	44

Durant toute la période d'engraissement c'est le bâtiment B₂ qui présente les meilleures caractéristiques d'ambiance. Les deux porcheries à ventilation dynamique par surpression (B₁ et B₃) semblent plus froides surtout au cours de la deuxième période d'engraissement (du 20/9 au 14/11). Il convient de préciser que par suite d'incidents techniques la vitesse d'air imposée a été trop élevée comparée à nos prévisions et que le chauffage de l'air n'a pu être réalisé qu'imparfaitement dans le bâtiment B₁ alors qu'il était nul dans la porcherie B₃.

Dans un même bâtiment l'évolution de l'index bioclimatique au cours d'une période de 24 heures, est bien caractéristique. Elle suit relativement bien les variations de la température extérieure et présente régulièrement un minimum à 6 h et un maximum à 16 h. Les animaux sont donc soumis à une élévation de la température intérieure pendant 10 heures puis à une baisse progressive de celle-ci pendant 14 heures, comme le montrent les figures 1 et 2.

L'amplitude de ces variations est plus élevée en début d'engraissement (de 30 à 65 kg) mais égale pour les différentes porcheries à 6 points de l'index (voir figure 1).

En période froide et en fin d'engraissement les amplitudes sont beaucoup plus faibles mais très différentes selon que le bâtiment est chauffé ou non, l'amplitude est égale à 3 points de l'index (figure 2), pour les deux bâtiments non chauffés (B₃ et B₅), alors qu'elle est très faible (environ 1 point) pour la porcherie B₁ où l'index se situe entre -3 et -4.

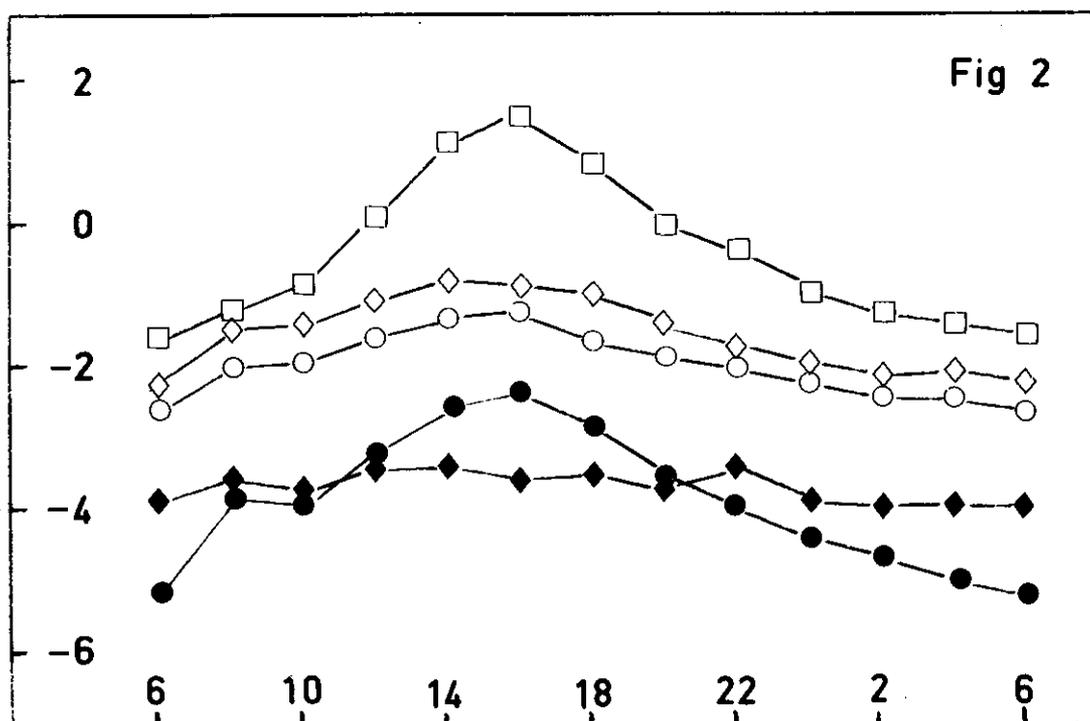
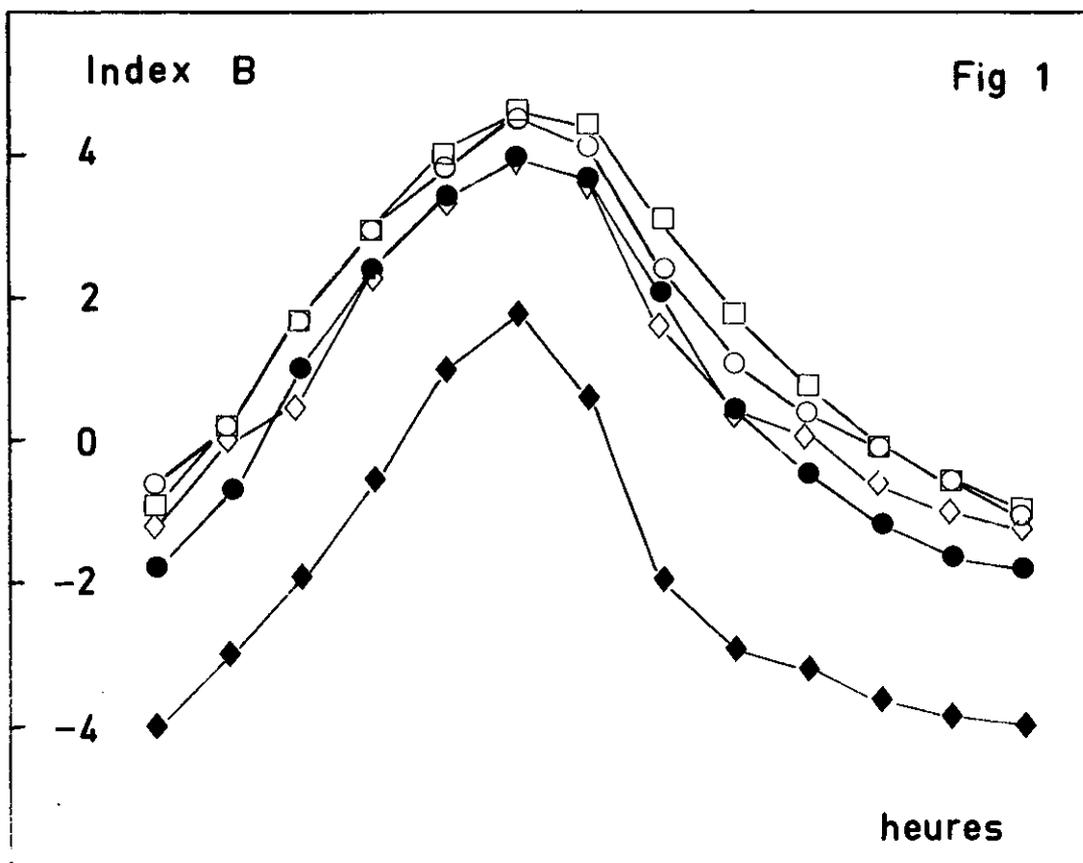
(voir figures 1 et 2, page suivante)

DISCUSSION

a. - PERFORMANCES ZOOTECHNIQUES :

Les différences de croissance entre les bâtiments sont assez faibles et les classements par période souvent différents. Malgré tout, les animaux engraisés dans le bâtiment B₂ possèdent presque toujours la meilleure croissance. Enfin les différences de croissance apparaissent surtout au cours de la dernière période, c'est-à-dire à partir de 85 kg quand la distribution d'aliment est plafonnée à 2,6 kg par porc et par jour.

En fin d'engraissement ce sont les deux porcheries où l'alimentation est distribuée en soupe (B₂ et B₅) qui montrent les meilleures croissances.



◆ B1 ◇ B2 ● B3 ○ B4 □ B5

La qualité des carcasses ne diffère pratiquement pas d'un bâtiment à l'autre à l'exception de l'épaisseur du lard dorsal qui est plus faible chez les porcs élevés dans la porcherie semi-plein air (B5).

b. - RESULTATS BIOCLIMATIQUES :

Les résultats rapportés au tableau 7 ou représentés sur les figures 1 et 2, montrent qu'il est possible d'apprécier le microclimat des différents bâtiments.

Pendant les deux premiers mois d'engraissement on distingue remarquablement bien la différence existant entre la porcherie B₁ (porcherie plus froide car trop ventilée) et les quatre autres. Au cours des deux derniers mois les courbes de variation de l'index bioclimatique (figure 2) semblent se classer par type de ventilation et dans cet ordre : statique (B = 0), dépression (B = - 1,5), surpression (B = - 3,5). L'absence de chauffage pendant le dernier mois dans les bâtiments 3 (panne de chaudière) et 5 (porcherie semi plein air non chauffée) se traduit par des variations journalières de l'index plus marquées.

La meilleure ambiance est réalisée dans les bâtiments 2 - 4 et 5 où l'index moyen ne descend jamais en dessous de - 3 pour la période considérée (juillet à novembre 1974).

En résumé des bâtiments soumis à un même climat extérieur peuvent "fabriquer" des microclimats distincts. L'index bioclimatique en visualisant ces différences permet de porter un diagnostic sur leur fonctionnement.

c. - COMPARAISON DES PERFORMANCES ZOOTECHNIQUES ET DES RESULTATS BIOCLIMATIQUES :

En période chaude, le gain moyen quotidien des porcs du bâtiment B1 est inférieur de 7 % (42 g) à ceux obtenus par les autres animaux. Ce même bâtiment a un index inférieur de 2,5 points environ (figure 1) et 55 % des valeurs calculées sont inférieures à - 2, seuil de confort optimum (tableau 8).

Sur la période totale, la vitesse de croissance est supérieure d'environ 9 % (60 g) dans le bâtiment 2 où la fréquence des valeurs de B comprises entre - 2 et + 2 est maximum (67 %).

TABLEAU 8

INFLUENCE DE L'INDEX BIOCLIMATIQUE SUR LES PERFORMANCES DE CROISSANCE.

BATIMENT	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅
Période chaude (P₁ + P₂)					
G.M.Q.	588	641	641	624	615
% valeurs de B < - 2	55	7	17	5	12
Période totale (P₁ + P₂ + P₃ + P₄)					
G.M.Q.	652	718	661	644	676
% Valeurs de B entre - 2 et + 2	30	67	33	56	44

Bien qu'il convienne de rester prudent sur les conclusions que l'on peut tirer à partir de cette première étude, il est permis de penser que les concordances trouvées entre performances animales et index bioclimatique sont indicatrices d'une liaison existant entre le microclimat du bâtiment et les résultats d'engraissement obtenus.

d. - NOUVELLE FORMULATION DE L'INDEX BIOCLIMATIQUE :

Pour obtenir plus aisément les valeurs de l'index nous avons cherché une nouvelle méthode de son calcul. Par une analyse de régression nous avons trouvé l'équation suivante :

$$B = 0,89 \text{ tb} + 0,05 \text{ HR} - 1,81 \text{ v} + 0,02 \text{ P} - 21,15.$$

Les valeurs obtenues par les deux méthodes de calcul sont identiques à 3 % près, et cette dernière ne tient plus compte que de quatre paramètres au lieu des cinq précédemment utilisés :

Le poids des animaux P.

Les trois paramètres climatiques tb, Hr, et v.

En conclusion, cette première étude nous a permis d'abord de montrer que l'index bioclimatique pouvait rendre compte en partie des performances réalisées par les animaux et ensuite simplifier son calcul.

Deux études prochaines auront pour objet de préciser cette liaison index-performances et de déterminer l'index bioclimatique optimum du point de vue économique.

BIBLIOGRAPHIE

- BOND (TE), HEITMANN (M), KELLY (CF). Effects of air velocities on heat and moistureless and growth of swine. Trans. of ASAE 1965, 8, 2, 167-174.
- COMBERG (G.), STEPHAN (E). Influence d'une température sous optimale sur des porcs à l'engrais Landrace et sur des animaux croisés. Züchtungskunde 1974, 402-414.
- DESMOULIN (B). Le rationnement collectif des porcs suivant le "sexe" et les conditions d'environnement. Ann. Zootech., 1974 (20 (4)). 509-520.
- FINN-KELCEY - Vie Congrès Int. Génie Rural - Lausanne 1964, vol. 2.
- MISSEWARD (A). Cours supérieur de chauffage, ventilation et conditionnement d'air. Eyrolles Ed. Paris 1966.
- MOUNT (L.E.). The climatic physiology of the pig. Edward Arnold Publishers Ltd. London 1968, 271 p.
- MOUNT (L.E.), INGRAM (D.L.). The pig as a laboratory animal. Academic Press London 1971, 175 p.
- PETIT (K.L.), DEBRUYCKERE (M.). Contribution à l'étude du climat optimal de l'étable pour veaux à l'engraissement - IRSIA - Gand - juin 1968.
- REMONDAT (M), SANCHEZ (J.A.). Détermination et contrôle des exigences bioclimatiques des porcs à l'engrais. Mémoire fin d'études. 1975 - ISARA - Lyon 163 p.
- RERAT (M.A.). Facteurs d'environnement. Bulletin du Syndicat national des vétérinaires. 1968, n° 4, 17-27.
- SAINSBURY (D), SAINSBURY (P). Animal health and housing. Baillière, Tindall and Cassell - London, 1967-329 p.