

A 8002

LE RATIONNEMENT DU PORCELET APRÈS SEVRAGE : INTERACTION AVEC L'APPORT DE MATIÈRES AZOTÉES

B. SEVE (*)

I.N.R.A. - Station de Recherches sur l'Élevage des porcs - 78350 JOUY-EN-JOSAS

INTRODUCTION

On a longtemps cru à la nécessité d'alimenter le jeune porcelet à volonté et un nombre considérable de travaux ont eu pour objet de lui faire consommer le plus possible d'aliment. Cette préoccupation était justifiée par l'observation selon laquelle les porcelets retardés sont ceux qui ont du mal à consommer l'aliment du sevrage (SMITH et LUCAS, 1956). Cependant, avec le développement du sevrage précoce, l'idée de restreindre le niveau d'alimentation des jeunes s'est progressivement imposée (NIELSEN, 1977). Selon PALMER et HULLAND (1965) c'est un bon moyen de réduire la prolifération intestinale de coli hémolytiques pathogènes. Nous avons nous-mêmes observé que lorsque le niveau d'alimentation s'élève, la digestibilité de la ration peut diminuer considérablement (SEVE, 1979). De plus un récent travail montre directement un effet favorable du rationnement des porcelets après un sevrage à trois semaines sur la réduction de la fréquence des diarrhées (BALL et AHERNE, 1978).

La plupart des expériences de restriction alimentaire des porcelets ont été réalisées sur des périodes longues de 3 à 8 semaines d'âge (ELSLEY, 1963) ou à 20-24 kg de poids vif (NIELSEN, 1973 ; LUCAS CALDER et SMITH, 1953 ; KIRCHGESSNER et ROTH, 1976) et traitent des conséquences jusqu'au stade de l'abattage. D'autres travaux montrent les effets à long terme également d'une restriction azotée pendant la même période chez les porcelets nourris à volonté (MEADE et al., 1969 ; WYLLIE et al., 1969 ; NIELSEN, 1973 ; HOGBERG et ZIMMERMAN, 1978). Par ailleurs, la relation énergie-protéine n'a généralement été étudiée qu'en considérant outre les variations du taux de protéines des variations de la densité énergétique des rations. (SEWELL et al., 1961 ; AUMAITRE, JOUANDET et SALMON-LEGAGNEUR, 1964 ; LEIBBRANDT et al., 1975 ; MENGE et FROBISH, 1976).

Seuls ZIMMERMAN et KHAJARERN (1973) paraissent s'être intéressés aux variations de l'apport alimentaire global tout en étudiant eux aussi les effets à long terme. Quoiqu'il en soit aucun travail ne traite à notre connaissance de l'influence d'une restriction alimentaire de durée limitée à la période du sevrage sur les performances obtenues au stade de l'entrée en porcherie d'engraissement (25 à 30 kg de poids vif, 10 semaines d'âge). En commençant l'étude de ce problème dès 1977 nous avons pu montrer chez des porcelets sevrés à 10 jours et alimentés en repas que le développement ultérieur d'une croissance compensatrice est conditionné par un apport accru de protéines au cours des quelques jours suivant le sevrage. Aussi l'objet du présent travail est-il d'étudier les conséquences à moyen terme de la restriction alimentaire précoce lui recherchant une interaction éventuelle avec l'apport azoté de la ration dans l'hypothèse d'un sevrage à 3 semaines.

II - MATÉRIEL ET MÉTHODES

1 - Aliments et plan d'alimentation

Six traitements expérimentaux sont appliqués de 21 à 35 jours d'âge des porcelets. Trois groupes de porcelets reçoivent l'aliment à volonté les trois autres étant restreints à 75 %

(*) avec la collaboration d'Anne-Marie MOUNIER et M. BONNEAU

environ de la consommation des premiers. Dans chaque cas, trois taux de protéines de l'aliment sont appliqués 15,20 et 25 %.

Pour cela un mélange azoté renfermant en proportion constante de la poudre de lait des protéines solubles de poisson (CPSP 80) du tourteau de soja et de l'orge, remplace une part croissante de manioc (tableau 1). Ainsi, l'équilibre des matières azotées en acides aminés reste sensiblement identique quelque soit le taux azoté.

TABLEAU 1
COMPOSITION ET ANALYSE DES ALIMENTS (1)

	15	20	25		2° ÂGE
Mélange protéique	47,9	66,0	84,2	Tourteau de soja	22,0
Manioc	43,6	26,0	8,3	Orge	36,0
Suif	4,0	4,0	4,0	Mais	38,0
Prémélange minéral	3,5	3,0	2,5		3,0
Prémélange de vitamines et d'oligoéléments	1,0	1,0	1,0		1,0
Matière sèche	88,4	89,1	90,4		88,7
Matière azotée	15,7	20,2	25,3		18,7
Cendres	6,6	6,6	6,2		5,6

(1) Agglomérés diamètre 2,5 mm

(2) Renfermant p. cent CPSP 80 = 7,3 ; tourteau de soja = 20,2 ; poudre de lait écrémé = 24,2 ; orge = 48,3.

Entre 35 et 49 jours d'âge, tous les animaux reçoivent à volonté l'aliment à 20 % de protéines. Entre 49 et 56 jours d'âge cet aliment est remplacé progressivement par un aliment dit de « 2° âge » à 18 % de protéines (tableau 1) que l'on distribue jusqu'à 70 jours d'âge.

2 - Mise en lot et mode de rationnement

Cent quatre vingt porcelets provenant de 30 portées sevrées à trois semaines exactement sont utilisées. A l'intérieur de chacune on constitue trois couples de porcelets homogènes auxquels on affecte trois parmi les six traitements expérimentaux, conformément à un plan « blocs incomplets équilibrés de type III » répété trois fois (COCHRAN et COX, 1957). Le rationnement des porcelets restreints est calculé quotidiennement dans chaque portée à 75 % de la moyenne des couples alimentés à volonté, l'un d'entre eux au moins intervenant dans chaque combinaison de trois :

$$R_3 = 0,75 A_2 + (A_2 - A_1)$$

$$R_n = R_{n-1} + 0,75 (A_{n-1} - A_{n-2})$$

R_n = Ration du jour n

A_n = Consommation à volonté au jour n

3 - Logement des porcelets, conduite et sanitaire

De 21 à 56 jours d'âge, les porcelets d'une même portée sont logés dans trois cases contiguës d'une batterie d'élevage à trois étages, le local étant climatisé à 22-24° environ. De 56 jours à 70 jours l'observation de la croissance se poursuit après regroupement des animaux d'une même portée dans une case de flat deck, ce deuxième local étant maintenu à 20° environ. Dans chaque cas la vitesse de ventilation est minimale et l'eau de boisson est disponible à volonté.

L'expérience n'étant pas destinée à l'étude proprement dite des effets de l'alimentation sur l'état sanitaire, les diarrhées sont combattues énergiquement à l'aide des traitements préventifs ou thérapeutiques habituels. Ainsi, les lots les plus exposés à la diarrhée, ceux alimentés à volonté, par hypothèse, sont placés dans des conditions qui permettent de mieux apprécier leur potentiel de performance.

4 - Pesées, mesures et enregistrements

Les porcelets sont pesés à 21, 35, 49, 56 et 70 jours d'âge. Les quantités d'aliment ingéré sont enregistrées par couple de 21 à 56 jours d'âge. Les diarrhées sont observées et enregistrées individuellement et quotidiennement pendant toute la durée expérimentale.

III - RÉSULTATS

1 - État sanitaire des porcelets

Les pertes d'animaux et les diarrhées sont observées en grande majorité au cours des deux premières semaines d'expérimentation (tableau 2).

Au total 5 porcelets sont morts l'une de ces pertes étant intervenue dans une portée dont l'état sanitaire n'était pas satisfaisant avant sevrage. A chaque fois on a observé un refus prolongé d'aliment suivi dans trois cas sur cinq de l'apparition d'une diarrhée sévère lors des premiers repas des animaux dont deux étaient nourris à volonté.

En ce qui concerne les diarrhées on relève une tendance non significative à la réduction de leur fréquence par le rationnement. L'effet éventuel de la réduction du taux de matières azotées serait moins net.

2 - Performances zootechniques

Les pertes d'animaux n'affectant jamais les deux porcelets d'un même couple les calculs ont été effectués en utilisant les données relatives à l'animal survivant. La quantité d'aliment, généralement très faible, ingérée par le porcelet mort a été estimée et déduite.

a) Période initiale : 21-35 jours d'âge. (tableau 2)

L'application du protocole expérimental a permis d'égaliser les quantités d'aliment consommées par les porcelets restreints à 72,8 % de l'ingéré moyen des animaux nourris à volonté. Celui-ci tend à augmenter de façon non significative avec le taux de protéines de l'aliment.

TABLEAU 2
RÉSULTATS DE LA PÉRIODE 21-35 JOURS D'ÂGE (1)

MODE D'ALIMENTATION	A VOLONTÉ (AL)			RESTREINT (R)			S \bar{x} n = 15	SIGNIFICATION ENTRE EXTRÊMES
	15	20	25	15	20	25		
Taux de protéines								
Gain de poids (g/l)	128 ^a	160 ^b	197 ^c	122 ^a	122 ^a	130 ^a	9,7	p < 0,01
Aliment ingéré (g/l)	258 ^b	269 ^b	281 ^b	199 ^a	194 ^a	195 ^a	9,8	p < 0,01
Efficacité alimentaire (g/kg)	528 ^a	610 ^{ab}	699 ^b	603 ^{ab}	630 ^{ab}	656 ^b	35,1	p < 0,01
Protéines ingérées (g/l)	40,8 ^b	54,6 ^c	70,8 ^d	31,1 ^a	38,8 ^b	49,2 ^c	2,32	p < 0,01
C.E.P. (g/g)	3,32 ^b	3,06 ^{bc}	2,71 ^c	3,82 ^a	3,08 ^{bc}	2,61 ^c	0,169	p < 0,01
Diarrhée j/porcelets	1,4	1,6	1,7	1,4	1,3	1,5	0,27	NS (2)

(1) Les moyennes affectées d'exposants différents, sont significativement différentes au seuil, P < 0,05 au plus.

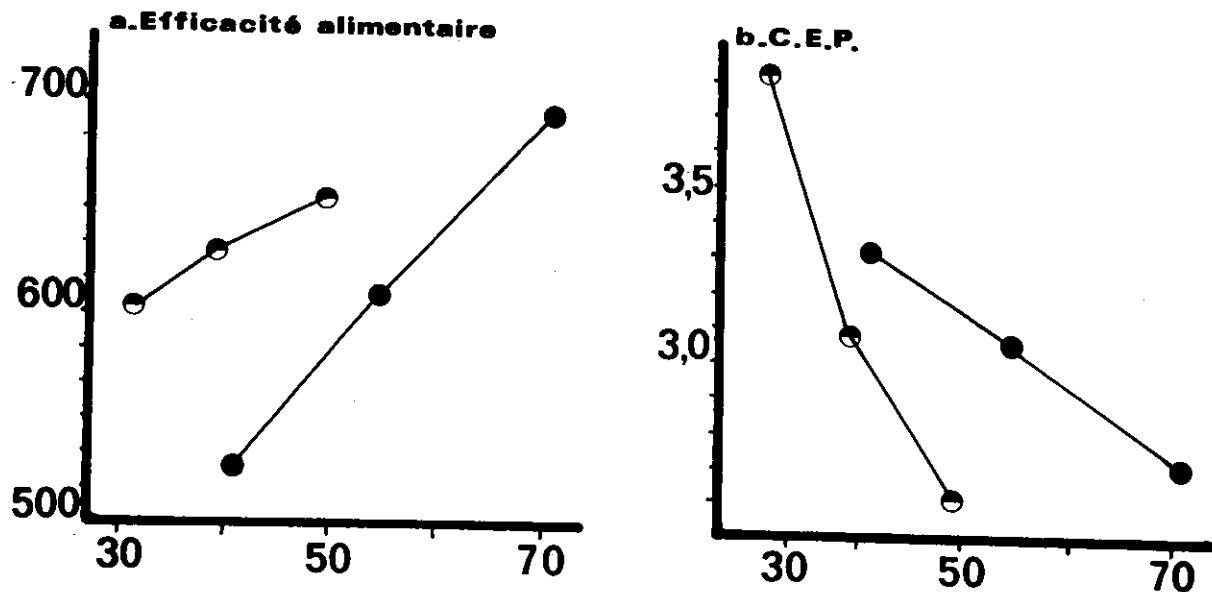
(2) Différences non significatives au seuil 0,05.

En alimentation restreinte, le taux de protéines de l'aliment n'exerce aucun effet significatif sur la vitesse de croissance mesurée 14 jours après sevrage. En revanche, chez les porcelets nourris à volonté, le gain de poids non différent au taux azoté le plus bas de celui des animaux rationnés, s'accroît linéairement et de manière hautement significative aux taux de protéines supérieurs.

Par suite d'une interaction niveau alimentaire x taux de protéines, l'égalité de l'efficacité alimentaire aux deux niveaux d'alimentation n'est réelle qu'à 20 % de protéines. Chez les porcelets nourris à volonté, elle augmente beaucoup plus rapidement (P < 0,01) avec l'apport de protéines que chez les animaux restreints (P < 0,05, fig. 1a). Inversement le coefficient d'efficacité protéidique diminue linéairement et plus rapidement au niveau restreint (P < 0,01) qu'au niveau « ad libitum » (P < 0,05) lorsque l'apport azoté s'accroît (fig. 1b).

FIGURE 1

EFFICACITÉ ALIMENTAIRE DES RATIONS DE 21 A 35 JOURS D'ÂGE, FONCTION DE L'APPORT DE PROTÉINES (g/l)
 (● porcelets rationnés ● porcelets nourris à volonté)



b) Période totale : 21-70 jours d'âge (tableau 3).

Les courbes de croissance (fig. 2) montrent clairement que les effets relevés à 5 semaines d'âge sont de plus en plus atténués à 49, 56 puis 70 jours, les différences de poids entre les lots n'étant plus significatives. Cette observation se trouve confirmée par le calcul des gains journaliers. On relève seulement une tendance à un effet dépressif de la restriction alimentaire précoce, au taux de protéines le plus élevé.

TABLEAU 3
RÉSULTATS GÉNÉRAUX (1)

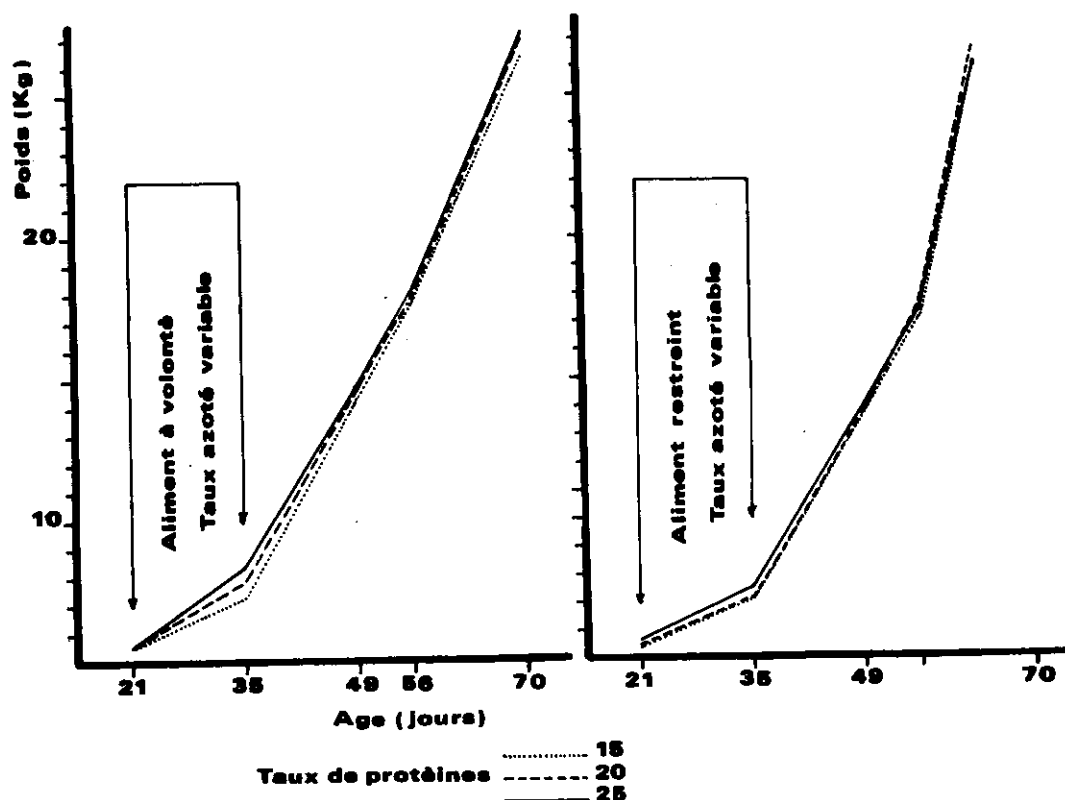
MODE D'ALIMENTATION (3)	A VOLONTÉ (AL)			RESTREINT (R)			S \bar{x} (2)	SIGNIFICATION ENTRE EXTRÊMES
	15	20	25	15	20	25		
21-56 jours								
Gain de poids, g/l	346	348	359	333	341	332	10,4	NS (2)
Aliment ingéré, g/l	590 ^a	592 ^a	590 ^a	542 ^b	555 ^{ab}	534 ^b	15,0	p < 0,05
Efficacité alimentaire (g/kg)	590	591	613	616	616	625	11,6	NS (2)
21-70 jours								
Gain de poids g/l	427	437	442	421	430	415	10,3	NS (2)

(1) (2) cf. tableau 2.

(3) Conditions d'alimentation appliquées de 21 à 35 jours d'âge.

Dans l'ensemble, la quantité totale d'aliment ingérée demeure supérieure de 9 % environ dans les lots nourris initialement à volonté. Le rationnement initial provoque au bout du compte une amélioration non significative de l'efficacité alimentaire de 4,4 % dans les lots « 15R » et « 20R » et de 2 % seulement dans le lot « 25R ».

FIGURE 2
 COURBES DE CROISSANCE DES PORCELETS DE 21 A 70 JOURS D'AGE
 (à 21 j. $\bar{Sx} = 0,08$; 35 j. $\bar{Sx} = 0,15$; 49 j. $\bar{Sx} = 0,30$; 56 j. $\bar{Sx} = 0,39$; 70 j. $\bar{Sx} = 0,52$)



IV - DISCUSSION

Les différences entre portées, non corrélées au niveau alimentaire constituent le facteur de variation prépondérant de la fréquence des diarrhées. Il faut sans doute les attribuer aux conditions sanitaires du milieu de naissance et d'allaitement. L'accent devrait être mis sur les mesures d'hygiène au niveau de la maternité qui jouent un rôle indirect dans l'ingestion d'aliment de présevrage et l'adaptation ultérieure à l'aliment de sevrage (SEVE et AUMAITRE, 1978). Dans cette expérience, les traitements antibiotiques appliqués masquent sans doute partiellement l'avantage du rationnement en évitant l'aggravation de l'état sanitaire des porcelets nourris à volonté à l'intérieur des portées prédisposées à la diarrhée.

Après un sevrage à trois semaines - la vitesse de croissance des porcelets nourris à volonté peut augmenter significativement jusqu'à un taux de protéine alimentaires de 24 % (RUTLEDGE et al., 1961 ; NIELSEN, 1973 ; MÜLLER et KIRCHGESSNER, 1974 ; MENGE et FROBISH, 1976). Nos résultats, obtenus avec une très bonne qualité de protéine (6,5 % de lysine) et dans des conditions sanitaires satisfaisantes, le confirment de manière très nette.

En comparant l'efficacité alimentaire obtenue dans les deux groupes de porcelets qui reçoivent un apport azoté suboptimal équivalent (lots 15 AL et 20 R), on peut être frappé de la capacité du jeune porcelet à épargner l'énergie sans diminuer sa vitesse de croissance, en accord avec les données de ZIMMERMAN et KHAJARERN (1973). Nos animaux sont pourtant élevés à une température inférieure à la température critique (28° selon LE DIVIDICH et al., 1979) et consomment en rationnement des quantités d'aliment qui leurs permettent tout juste de couvrir leur besoin énergétique d'entretien. De plus la restriction alimentaire entraînerait une augmentation de l'activité physique et donc une dépense énergétique supplémentaire supérieure à la diminution de l'extra chaleur d'alimentation selon HALTER et WENK, 1979).

Ces observations conduisent à attribuer un rôle prépondérant à la mobilisation des réserves grasses dans la couverture du besoin énergétique prioritaire, celui du dépôt azoté (WHITTE-MORE, AUMAITRE et WILLIAMS, 1978). Réciproquement, en présence du même rapport protéique réduit (40 g/j) une augmentation de l'apport calorique non azoté ne provoque sans doute qu'une épargne de lipides endogènes bien montrée par PROKOP (1976) chez des porcelets de 4,5 kg recevant un régime protéoprive.

Lorsque l'apport azoté augmente (lots 20 AL et 25 R) l'amplitude d'amélioration de l'efficacité alimentaire consécutive au rationnement diminue ; peut-être du fait que le maximum des possibilités de mobilisations des réserves est atteint et qu'une partie des protéines supplémentaires doit être dégradée à des fins énergétiques, l'énergie alimentaire devenant limitante. Une telle interprétation est corroborée par la tendance à l'amélioration de l'efficacité protidique avec l'élévation du niveau alimentaire malgré l'augmentation proportionnelle de l'apport azoté. Cet effet s'inscrit dans la tendance générale à une détérioration moins rapide du C.E.P., en alimentation à volonté qu'en alimentation restreinte lorsque l'apport azoté augmente (fig. 1 b). Il correspond à l'effet classique d'épargne des protéines par l'apport calorique que l'on ne peut mettre en évidence chez le porcelet en augmentant la densité énergétique lorsque le rapport énergie/protéines de l'aliment est maintenu constant (AUMAITRE, JOUANDET et SALMON-LEGAGNEUR, 1964 ; LEIBBRANDT et al., 1975).

Le retard consécutif à la restriction alimentaire, visible aux taux azotés les plus élevés, est comblé dès l'âge de 56 jours grâce à une croissance compensatrice **sensu stricto** (WILSON et OSBOURN, 1960). On relève en effet par rapport aux témoins nourris à volonté une amélioration de près de 5 % de l'efficacité alimentaire sans différence sensible de consommation d'aliment par kg de poids vif entre 35 et 56 jours d'âge. La conclusion est exactement la même si l'on considère l'effet d'une restriction calorique stricte dans le cas d'un apport azoté sensiblement équivalent (lots 20 AL et 25 R), en accord avec ZIMMERMAN et KHAJARERN (1973). Par ailleurs, l'accélération de croissance suit immédiatement la fin de la restriction conformément aux observations de KIRCHGESSNER et ROTH (1976). Selon NIELSEN (1973) il faut une restriction énergétique longue et sévère pour exclure la croissance compensatrice et déprécier la carcasse.

Contrairement à ce qu'on pouvait attendre (DESMOULIN, 1969 ; RERAT, HENRY et DESMOULIN, 1971), le gain de poids des porcelets rationnés n'est amélioré ni à court terme, ni à moyen terme, par une compensation de la restriction azotée (lots 20 R/15 R ; lots 25 R/20 R). Les porcelets sevrés à trois semaines se comportent sur ce point de manière très différente des porcelets sevrés à 10 jours (SEVE, 1977). Étant donné le rôle éventuel des réserves grasses au sevrage, on ne peut s'empêcher d'attribuer cette différence au fait que la teneur en graisses corporelles est encore à 10 jours (9,2 %) très inférieure à ce qu'elle devient moins de deux semaines plus tard (12 à 13 %). Par ailleurs, les modalités de mobilisation des lipides semblent très différentes chez un porcelet de 3 kg de ce qu'elles sont chez un porcelet de 4,5 kg (PROKOP, 1976).

Chez les porcelets alimentés à volonté, et restreints initialement en matières azotées (lots 15 AL et 20 AL), l'accélération de croissance observée entre 35 et 56 jours ne présente pas toutes les caractéristiques de la croissance compensatrice définie par WILSON et OSBOURN (1960) car elle est plus la conséquence d'une augmentation de la consommation d'aliment par kg de poids vif (lot 25 L : 60 g/kg ; lot 20 AL : 64 g/kg ; lot 15 AL : 76 g/kg) que d'une amélioration de l'efficacité alimentaire (lot 25 AL : 587 ; lot 20 AL : 585 ; lot 15 AL : 608 g/kg). Cette observation peut être rapprochée du fait qu'à l'inverse de ce qui se passe en cas de restriction énergétique, la croissance compensatrice semble plus tardive lorsqu'elle a lieu (ZIMMERMAN et KHAJARERN, 1973 ; HOGBERG et ZIMMERMAN, 1978, cas d'une souche de porc grasse). Dans certains cas d'ailleurs on ne l'observe pas réellement (WYLLIE et al., 1969 ; MEADE et al., 1969) bien que l'indice de consommation s'améliore et que la carcasse ne soit pas dépréciée chez des porcs nourris pourtant à volonté. Ce qui est plus inquiétant, c'est que l'absence de croissance compensatrice s'accompagne d'une dégradation de qualité de carcasse chez les porcs Landrace Danois suivant un plan de rationnement (NIELSEN, 1973) ou chez des porcs de souche maigre (Hampshire x Landrace-Yorkshire) alimentés à volonté (HOGBERG et ZIMMERMAN, 1978). Les résultats contradictoires obtenus par NIELSEN (1973) sur des porcs danois SPF ou

par KNOBLOCH et al. (1975) sur des porcs allemands croisés (Landrace x Edelschwein) très performants ne sont pas de nature à rassurer, il se peut en effet que l'on soit moins en présence d'une croissance compensatrice réelle d'animaux initialement carencés que d'une sensibilité excessive au stress de changement de locaux chez des porcelets dont la croissance a été rapide.

V - CONCLUSION

Cette expérience démontre clairement la grande capacité d'adaptation du jeune porcelet à des niveaux alimentaires très bas aussi bien qu'à un certain degré de restriction azotée. Le rationnement des porcelets, au cours de la quinzaine suivant le sevrage apparaît sans risque pour les performances ultérieures. Il permet une légère réduction du coût alimentaire et un meilleur contrôle de l'état sanitaire. Son application peut être recommandée dans la pratique si un certain nombre de précautions sont prises : température ambiante adéquate, respect de la tranquillité des animaux entre repas et nombre suffisant de places à l'auge, notamment. Des réserves en revanche, doivent être faites sur la tentation de diminuer le taux de protéines de l'aliment de sevrage au dessous de 20 % dans le but très aléatoire de réduire la fréquence des diarrhées, surtout chez des porcelets de faible poids.

BIBLIOGRAPHIE

- AUMAITRE A., JOUANDET C., SALMON-LEGAGNEUR E., 1964. Ann. Zootech. **13**, 241-253.
- BALL R., AHERNE F.X., 1978 Agriculture and Forestry Bulletin, 52-54, University of Alberta ed., Edmonton, Alberta.
- COCHRAN W.G., COX G.M., 1957. Experimental designs, 2nd ed. 611p., J. Wiley and sons ed. New-York.
- DESMOULIN B., 1969. Journées Recherche Porcine en France, **1**, 73-76, ITP éd., Paris.
- ELSLEY F.W.H., 1963. J. Agric. Sci., **61**, 233-241 et 243-251.
- HALTER H.M., WENK C., 1979. Paper presented at the 8th Symp. Energy Metabolism, Cambridge.
- HOGBERG M.G., ZIMMERMAN D.R., 1978. J. Anim. Sci., **47**, 893-899.
- KIRCHGESSNER M., ROTH F.X., 1976. Züchtungskunde, **48**, 45-55.
- KNOBLOCH F., WIESEMÜLLER W., POPPE S., 1975. Jahrb., Tierern. und Fütterung. Universität Rostock, **9**, 124-138.
- LE DIVIDICH J., NOBLET J., VERMOREL M., AUMAITRE A., 1979. Paper presented at the 8th Symp. Energy Metabolism, Cambridge.
- LEIBBRANDT V.D., EWAN R.C., SPEER V.C., ZIMMERMAN D.R., 1975. J. Anim. Sci. **40**, 1070-1076.
- LUCAS I.A.M., CALDER A.F.C., SMITH H., 1959. J. Agric. Sci., **53**, 136-144.
- MEADE R.J., VERMEDAHL L.D., RUST J.W., WASS D.F., 1969. J. Anim. Sci., **28**, 473-477.
- MENGE H., FROBISH L.T., 1976. J. Anim. Sci., **43**, 1019-1023.
- MÜLLER H.L., KIRCHGESSNER M., 1974. Z. Tierphysiol. Tierernähr. u. Futtermittelk., **33**, 98-107.
- NIELSEN H.E., 1973. Beretning fra Forsøgslaboratoriet, Copenhagen n° 405, 152 p.
- NIELSEN H.E. 1976, 27th EAAP Ann. Meeting, P 16, Zürich.

- PALMER N.C., HULLAND T.J., 1965, *Can Vet. J.*, **6**, 310-316.
- PROKOP V., 1976. *Zivocisná Výroba*, **21**, 375-381.
- RERAT A., HENRY Y., DESMOULIN B., 1971. *Journées Rech. Porcine en France*, **3**, 65-72, ITP éd., Paris.
- RUTLEDGE E.A., HANSON L.E., MEADE R.J., 1961. *J. Anim. Sci.* **20**, 142-147.
- SEVE B., 1977, cité dans DUEE P.H. et SEVE B., 1978. *Journée Rech. Porcine en France*, **10**, 167-207, ITP éd., Paris.
- SEVE B., 1979. *L'élevage Porcin*, n° 82, 19-29.
- SEVE B., AUMAITRE A., 1978. *World Rev. Anim. Prod.* **14**, 25-32.
- SEWELL R.F., THOMAS M.C., PRICE D., 1961. *J. Anim. Sci.*, **20**, 820-823.
- SMITH H., LUCAS I.A.M., 1956. *J. Agric. Sci.*, **48**, 220-236.
- WHITTEMORE C.T., AUMAITRE A., WILLIAMS I.H., 1978, *J. Agric. Sci.*, **91**, 681-692.
- WILSON P.N., OSBOURN D.F., 1960. *Biol. Reviews* **35**, 324-363.
- WYLLIE D., SPEER V.C., EWAN R.C., HAYS V.W., 1969. *J. Anim. Sci.*, **29**, 433-438.
- ZIMMERMAN D.R., KHAJARERN S., 1973. *J. Anim. Sci.* **36**, 189-194.