ÉTUDE DU BESOIN AZOTÉ CHEZ LE PORC EN CROISSANCE

I) UTILISATION DE LA FARINE DE POISSON A TROIS TAUX DIFFÉRENTS

A. RÉRAT et Y. HENRY

avec la collaboration technique de J. M. BOISSAU, H. BOUSQUET et E. ENGRAND

*Station de Recherches sur l'Élevage des Porcs,
Centre national de Recherches zootechniques, Jouy-en-Josas (Seine-et-Oise)*

SOMMAIRE

Le besoin azoté chez le Porc en croissance est étudié à l'aide de trois expériences successives au cours desquelles il a été procédé à l'administration de trois taux différents d'une farine de poisson de Norvège, d'origine et de composition connues, dans des régimes semi-synthétiques. Outre la source azotée, les régimes renferment 5 p. 100 d'huile d'arachide, 5 p. 100 de cellulose de bois, un mélange minéral et vitaminique et des proportions variables d'amidon de maïs (valeur fourragère 1,20 U F). Les critères choisis sont la vitesse de croissance, la consommation, la rétention azotée et la composition corporelle.

Dans une première expérience (A), 3 lots de 11 porcs reçoivent, entre 20 et 90 kg de poids vif, des régimes renfermant respectivement 16, 12 et 8 p. 100 de matières azotées totales. La même étude (expérience *a*) est réalisée sur 3 lots de 4 animaux élevés en cages à métabolisme, entre 30 et 90-100 kg de poids vif, pendant 12 semaines, afin de préciser l'évolution de la rétention azotée en fonction du taux azoté et de l'âge. Une troisième expérience (B), portant sur 3 lots de 10 porcs, a pour objet de comparer des régimes contenant 3 taux différents de protéines de poisson et décroissants au cours de trois périodes successives : 20-45 kg, 45-68 kg et 68-90 kg, respectivement 16—14—10 ; 12—10,5—7 et 8—7—5 p. 100 pour les 3 lots. Les animaux sont alimentés, dans les expériences A et B, en *semi ad libitum*, et dans l'expérience *a*, suivant la méthode « paired feeding » de MITCHELL.

D'après l'ensemble des critères, il apparaît que le besoin azoté pour une croissance et une rétention azotée optimum est représenté par 16 p. 100 de protéines de poisson entre 20 et 45 kg de poids vif, 14 p. 100 entre 45 et 68 kg et 12 p. 100 entre 68 et 90 kg, soit respectivement 115, 100 et 85 g de matières azotées digestibles par unité fourragère. Ces estimations sont inférieures aux recommandations américaines du National Research Council, ou françaises, mais sont comparables aux normes danoises : ces écarts sont dus à des différences dans la nature des sources azotées. Le besoin azoté quantitatif n'a ainsi de réelle signification que si on le détermine par rapport à une protéine de référence, d'une bonne efficacité pour la croissance, ou mieux sous la forme de besoin en acides aminés indispensables.

En ce qui concerne l'évolution de la rétention azotée, elle varie selon le poids de l'animal et le taux de matières azotées dans le régime ; à chaque niveau d'ingestion azotée, la rétention suit une allure parabolique, la valeur maximum étant d'autant plus grande et atteinte d'autant plus rapidement que le niveau d'ingestion est lui-même plus élevé.

INTRODUCTION

Le besoin azoté du Porc en croissance est généralement défini par le taux minimum de matières azotées dans le régime qui assure la croissance maximum à différents âges de l'animal. Cependant, comme MITCHELL le faisait déjà remarquer en 1935, il ne suffit pas de tenir compte uniquement de la vitesse de croissance ; on sait en effet que le gain de poids présente des proportions variables de tissus musculaire

TABLEAU I

Besoins azotés du Porc à différents âges selon les auteurs (régimes sans antibiotiques)

Nature des sources azotées du régime	Intervalles de poids						Référence
	Sevrage	20 kg	34 kg	45-50 kg	68 kg	100 kg	
	Matières azotées totales ($N \times 6,25$) p. 100 ration						
1° États-Unis							
Maïs-viande-lin-soja...			17		15		MITCHELL & HAMILTON (1935) ⁽¹⁾
Maïs-viande.....		18-20		15		12	CARROLL & BURROUGHS (1939)
							MITCHELL (1939) ⁽¹⁾
Maïs-soja-viande		18-20		15		12	KEITH & MILLER (1939, 1940)
Maïs-soja			15-18		14-15		CRAMPTON & ASHTON (1942)
Maïs-soja		16		13		10	CATRON & <i>al.</i> (1952)
Caséine.....	20						REBER & <i>al.</i> (1953) ⁽¹⁾
Maïs-soja			14		12		BECKER & <i>al.</i> (1954)
Maïs-poisson			16		12		BECKER & <i>al.</i> (1954)
Soja-lait écrémé	20						PEO & <i>al.</i> (1954)
Soja (régime semi-synthétique).....			16				ARMSTRONG & MITCHELL (1955) ⁽¹⁾
Maïs-soja		14-16					JENSEN & <i>al.</i> (1955)
Maïs-soja-viande-poisson			14-16		12-14		LASSITER & <i>al.</i> (1955, 1956) ⁽¹⁾
Maïs-caséine	17						JENSEN & <i>al.</i> (1957)
Maïs-soja-arachide			18		14		ABERNATHY & <i>al.</i> (1958)
Orge-viande-lin.....		19		14,5	13		BEACOM (1959)
2° Pays européens							
Orge-poisson			17,5		13		WOODMAN & EVANS (1948) ⁽¹⁾
Orge-poisson	18						SMITH & LUCAS (1957), JONES & <i>al.</i> (1961, 1962) ⁽¹⁾
Orge-poisson			17		13		BRAUDE (1958)
	Matières azotées digestibles en g/U.F.						
Orge-lait écrémé	140				100		AXELSSON (1951)
Orge-lait écrémé			115-120		95-100	85-90	CLAUSEN (1963)

⁽¹⁾ Valeurs obtenues d'après la rétention azotée.

et adipeux. Aussi la connaissance précise du besoin azoté doit s'appuyer sur d'autres critères d'efficacité, en particulier la qualité de la carcasse et la rétention azotée, déterminées soit par la méthode des bilans, soit d'après l'analyse chimique corporelle au début et à la fin de la période expérimentale. La première méthode présente l'avantage de rendre possible l'étude dynamique du besoin azoté par la détermination du taux de matières azotées qui permet la rétention maximum aux différents stades de la croissance.

Il existe un grand nombre de données concernant le besoin azoté du Porc depuis le sevrage jusqu'au poids d'abattage. Cependant, ces estimations, qui ont été établies d'après des études de croissance, de composition corporelle et de bilan, et dont les plus récentes sont rapportées dans le tableau 1, présentent des variations importantes selon les conditions d'expérimentation utilisées par les différents auteurs. En dehors des facteurs de variation inévitables se rapportant à l'animal (race à vitesse de croissance plus ou moins grande, aptitude à la synthèse musculaire) et au milieu, il y a lieu de distinguer les facteurs d'ordre alimentaire, liés au mode d'alimentation (alimentation à volonté ou rationnée) et à la composition du régime. En particulier, les régimes utilisés consistent la plupart du temps en des mélanges de plusieurs sources azotées, d'origine et de composition plus ou moins bien connues. La complexité de tels régimes rend difficile l'établissement de normes de portée générale. De plus — et c'est là le facteur le plus important — la qualité des mélanges azotés employés présente des variations de grande amplitude et l'on sait que les quantités de protéines à apporter à un animal pour couvrir ses dépenses sont fonction de la valeur biologique de ces protéines. A ce titre, les recommandations américaines, formulées à partir de régimes à base de maïs-soja, ne sont pas forcément applicables dans les conditions de l'élevage français ; il en est de même des formules du type céréales-lait écrémé utilisées dans les pays scandinaves. En outre, la composition de la fraction azotée n'est pas toujours maintenue constante au cours de l'expérience, comme c'est le cas lorsque les proportions des constituants (céréales, tourteaux) entre eux sont modifiées pour faire varier le taux azoté. Il est alors difficile, dans les résultats obtenus, de faire la part du taux azoté seul et de la composition de la fraction azotée qui a changé entre temps.

Un autre facteur de variation consiste dans la présence des antibiotiques dans les régimes. De nombreux auteurs (CUNHA et *al.*, 1950 ; CATRON et *al.*, 1952 ; WALLACE et *al.*, 1954 ; WAHLSTON et *al.*, 1954 ; HOEFER et *al.*, 1952 ; BURNSIDE et *al.*, 1954 ; JENSEN et *al.*, 1955 ; MEADE, 1956) ont montré en effet que l'emploi des antibiotiques entraîne une diminution du besoin azoté. L'action d'épargne des antibiotiques sur l'azote a d'ailleurs pu être démontrée (FRANÇOIS et MICHEL, 1956 ; FÉVRIER et DUMONT, 1957 ; RÉRAT, 1960) et l'on comprend que leur introduction dans le régime risque de modifier le besoin azoté de l'animal.

Les observations précédentes nous ont conduit à déterminer le besoin azoté chez le Porc en croissance, en utilisant des régimes semi-synthétiques, sans antibiotiques, et renfermant des proportions variables d'une source azotée d'origine et de composition connues.

MATÉRIEL ET TECHNIQUES

La source azotée choisie pour ces études est une farine de hareng de Norvège connue pour la constance de sa composition et pour sa haute valeur biologique, peu affectée par les traitements technologiques (RÉRAT et LOUGNON, 1963). Trois expériences successives sont ainsi réalisées sur des porcs de race *Large White*, entre 20 et 90 kg de poids vif. Les critères choisis pour connaître l'influence du taux d'incorporation de cette farine de poisson dans des régimes semi-synthétiques sont la vitesse de croissance, la consommation, la rétention azotée et la composition corporelle.

Expérience A

Trois lots de 11 porcelets après sevrage et pesant au départ entre 20 et 25 kg sont constitués suivant la méthode des blocs. A l'intérieur de chaque bloc, les animaux issus d'une même portée sont choisis de même sexe et de même poids ; ils sont ensuite répartis au hasard suivant les lots IA, IIA, IIIA et reçoivent des régimes renfermant respectivement 21,6—16,2 et 10,8 p. 100 de farine de poisson, soit 16, 12 et 8 p. 100 de matières azotées totales : ces taux sont maintenus constants pendant toute la période entre 20 et 90 kg. Le tableau 2 donne la composition des régimes, ainsi que les teneurs en acides aminés de la farine de poisson, déterminées selon la méthode chromatographique de MOORE et STEIN (FAUCONNEAU et PION, 1963).

TABLEAU 2

Composition des régimes

Régime	Expériences A et a			Expérience B								
	I	II	III	Période 20-45 kg			Période 45-68 kg			Période 68-90 kg		
				I	II	III	I	II	III	I	II	III
Protéines p. 100	16	12	8	16	12	8	14	10,5	7,0	10	7	5
Farine de poisson de Norvège ⁽¹⁾	21,6	16,2	10,8	21,6	16,2	10,8	18,9	14,2	9,5	13,0	9,7	6,5
Amidon de maïs	61,2	66,6	72,0	61,2	66,6	72,0	63,9	68,6	72,3	69,8	73,1	76,3
Cellulose de bois	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Huile d'arachide	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Mélange minéral ⁽²⁾	5,2	5,2	5,2	5,2	5,2	5,2	5,2	5,2	5,2	5,2	5,2	5,2
Mélange vitaminique ⁽³⁾	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
<i>Résultats d'analyse p. 100</i>												
Matière sèche	89,1	88,8	88,9	88,8	89,4	88,9	89,2	88,2	88,0	90,5	89,9	89,9
Matières azotées totales (N × 6,25) ...	15,5	11,6	7,7	15,0	11,2	7,5	13,1	9,9	6,6	9,0	6,7	4,5
Matières minérales	6,5	5,9	5,8	6,0	5,9	5,5	6,2	5,6	5,2	6,2	5,1	5,5
Matières cellulosiques	4,2	3,5	3,7	4,5	4,4	5,2	4,3	4,0	2,5	5,3	4,9	3,7
Matières grasses	6,5	6,2	6,5	7,1	6,7	6,0	6,1	6,2	5,7	8,1	6,5	7,0

⁽¹⁾ Quantités d'acides aminés, en g, par 16 g d'azote : Arginine : 7,3 ; Histidine : 2,4 ; Isoleucine : 5,4 ; Leucine : 8,2 ; Lysine : 7,7 ; Méthionine : 2,6 ; Cystine : 1,1 ; Phénylalanine : 4,2 ; Tyrosine : 3,7 ; Thréonine : 4,9 ; Valine : 6,3 (FAUCONNEAU et PION, 1963).

⁽²⁾ Mélange minéral selon HEINEMAN et al. (1946).

⁽³⁾ Mélange vitaminique selon HUTCHINSON et al. (1957).

Les animaux, élevés en loges individuelles, sont alimentés en semi *ad libitum* à raison de 3 repas courts de 20 à 30 minutes par jour, à 7 h, 13 h et 17 h 30 (LEROY et FÉVRIER, 1947, 1949). Ils sont pesés à intervalles réguliers (tous les 14 jours) et les consommations de nourriture sont enregistrées quotidiennement.

Après abattage, les carcasses sont préparées suivant la découpe parisienne et diverses mesures sont effectuées : rendement $\left(\frac{\text{poids net} \times 100}{\text{poids vif}} \right)$; épaisseur moyenne du lard dorsal $\frac{(\text{Rein} + \text{Dos})}{2}$; pourcentage de morceaux maigres (jambon + longe) et de morceaux gras (bardière + panne) par rapport au poids net de la carcasse.

Expérience a

Une deuxième expérience, utilisant les mêmes régimes que précédemment, est conduite en cages à métabolisme au cours d'une période totale de 12 semaines, entre 30 et 90-100 kg de poids vif (suivant les lots). A cet effet, 4 blocs de 3 porcs mâles castrés, issus d'une même portée et de même poids initial (30 kg) sont constitués. Au cours d'une période préliminaire d'une semaine, les animaux reçoivent le régime I à 16 p. 100 de protéines de poisson ; ils sont ensuite répartis suivant les régimes I_a, II_a et III_a, renfermant respectivement 16, 12 et 8 p. 100 de protéines de poisson. Au début de l'expérience, les animaux des 4 blocs sont âgés respectivement de 111, 120, 115 et 137 jours, soit 120 jours pour la moyenne du lot.

A l'intérieur de chaque bloc, les quantités de nourriture distribuées sont les mêmes pour les 3 lots (méthode « paired feeding » de MITCHELL, 1930, 1943) ; elles sont ajustées au poids de l'animal qui a la croissance la plus rapide, selon le plan de rationnement suivant :

Intervalle de poids (kg)	Consommation /j (kg)
30 — 37.....	1,500
37 — 45.....	1,750
45 — 53.....	2,000
53 — 63.....	2,300
63 — 73.....	2,700
73 — 85.....	3,000

En cas de refus de la part d'un des animaux, les quantités offertes sont réduites dans les mêmes proportions pour les deux autres animaux du bloc.

Les excréta sont collectés au cours de 12 périodes successives de 6 jours séparées par un jour de repos hebdomadaire. Les émissions fécales sont pesées quotidiennement à l'état frais et après dessiccation à 70° C. A l'issue de la période de 6 jours, les excréments journalières sont rassemblées, broyées, et un échantillon est prélevé en vue de la détermination de l'azote par la méthode de KJELDAHL. L'urine est recueillie dans 50 cc d'acide chlorhydrique à 30 p. 100 ; des parties aliquotes journalières sont réunies dans un flacon et stockées en chambre froide à 3-4° C. Après ajustement à un volume connu, on procède à l'analyse de l'azote.

Les animaux sont pesés une fois par semaine ; en fin d'expérience, ils sont abattus et les carcasses sont découpées suivant la méthode exposée précédemment.

Expérience B

Trois lots de 10 porcelets après sevrage, répartis par blocs de trois (même portée, même sexe, même poids) sont soumis, comme dans l'expérience A, à trois taux différents de protéines de poisson et réduits au cours de 3 périodes successives : 20-45 kg, 45-68 kg, 68-90 kg, les intervalles de poids étant les mêmes que ceux donnés par le National Research Council dans ses recommandations. Les taux de protéines sont réduits dans les mêmes proportions pour les 3 lots, soit :

	Lot		
	I B	II B	III B
Pour la période : 20 — 45 kg	16	12	8
Pour la période : 45 — 68 kg	14	10,5	7
Pour la période : 68 — 90 kg	10	7	5

La composition des régimes est rapportée dans le tableau 2. De même que dans l'expérience A, les animaux sont élevés en loges individuelles et alimentés en semi *ad libitum*, avec enregistrement des consommations journalières. Les pesées ont lieu une fois par semaine et, à l'abattage, les mêmes mesures que précédemment sont effectuées sur la carcasse.

Les calculs statistiques ont été effectués suivant la méthode d'analyse de variance (SNEDECOR, 1956).

RÉSULTATS

A) Croissance et consommation

1^o) Expérience A (tabl. 3, fig. 1).

Afin d'établir des comparaisons entre les expériences A et B, il a été procédé, dans l'expérience A, à un découpage de la période totale en 3 sous-périodes : 20-45 kg, 45-68 kg et 68-90 kg. Les résultats correspondants sont rapportés dans le tableau 3.

Le gain moyen journalier, calculé sur la période totale, augmente avec le taux protidique ; il passe de 594 g pour 8 p. 100 de protéines à 676 g pour 12 p. 100 et 704 g pour 16 p. 100. La consommation journalière est pratiquement la même d'un lot à l'autre, tandis que l'indice de consommation est amélioré d'une manière significative entre 8 et 12 p. 100 ; entre 12 et 16 p. 100, il n'y a plus d'amélioration sensible de ce dernier critère. Le coefficient d'efficacité protidique (C.E.P.) est maximum au taux de 8 p. 100 et décroît linéairement lorsque le taux azoté augmente. Si l'on considère les trois sous-périodes, on s'aperçoit que la vitesse de croissance augmente linéairement avec le taux azoté jusqu'à 68 kg, mais qu'au delà, la meilleure croissance est obtenue avec le régime à 12 p. 100 de protéines (terme quadratique significatif au seuil 0,10). En ce qui concerne la consommation journalière, les variations sont faibles à l'intérieur de chaque sous-période. L'indice de consommation décroît régulièrement lorsque le taux azoté augmente entre 20 et 45 kg, mais au cours des deux dernières sous-périodes, il n'est pratiquement pas modifié entre 12 et 16 p. 100 de protéines. Les variations du coefficient d'efficacité protidique sont les mêmes aux différents stades de la croissance, la valeur maximum étant obtenue au taux de 8 p. 100 de protéines.

L'évolution du gain moyen journalier en fonction du temps (fig. 1) fait apparaître un maximum dès la 4^{ème} quinzaine pour les lots I et II, et seulement à la 5^{ème} quinzaine pour le lot III.

2^o) Expérience a (tabl. 5) :

Les animaux en cages à métabolisme ont réalisé une croissance supérieure à ceux élevés en loges individuelles, bien que le niveau d'alimentation ait été limité ; ceci est probablement dû au manque d'activité des animaux en cage. Le faible nombre de données ne permet pas de déceler de différences significatives entre les lots, qu'il s'agisse de la vitesse de croissance ou de l'indice de consommation ; cependant, les réponses vont dans le même sens que dans l'expérience précédente.

3^o) Expérience B (tabl. 4).

L'évolution des critères en fonction du taux azoté, entre 20 et 45 kg de poids vif, est la même que dans l'expérience A, les meilleures performances (croissance, indice de consommation) étant obtenues au taux supérieur. A noter cependant que c'est dans le lot recevant le régime le plus pauvre en protéines que le gain acquis par rapport aux protéines ingérées est le plus élevé.

FIG. 1. — Évolution des critères au cours de la croissance (expériences A et B)

TABLEAU 3

Résultats moyens de croissance et de consommation — Expérience A

Lot	I A	II A	III A	Carré moyen			Erreur DL = 20
				Blocs DL = 40	Taux azoté		
					Terme linéaire DL = 1	Terme quadratique DL = 1	
Protéines p. 100 régime Nombre d'animaux	16 41	42 41	8 41				
<i>Période totale 20-30 kg</i>							
Poids initial, (kg).....	23,5	24,0	24,3				
Poids final, (kg).....	93,4	91,8	91,6				
Gain moyen quotidien (g).....	704	676	594	10.628 *	68.099 **	5.238	3.656
Durée d'engraissement (j).....	100,5	101,1	115,0				
Consommation totale (kg).....	198,8	199,3	231,9				
Consommation journalière (kg).....	1,99	1,99	2,03	0,0342 (0,10)	0,0069	0,0056	0,01583
Indice de consommation (kg) (1).....	2,84	2,93	3,45	0,07868 *	2,0101 **	0,3304 **	0,03347
Coefficient d'efficacité protidique (2).....	2,27	2,95	3,79	0,07034 (0,10)	12,5708 **	0,0519	0,03348
<i>Période 20-45 kg</i>							
Poids au début de la période, (kg).....	23,5	24,0	24,3				
Gain moyen quotidien (g).....	620	538	501	40.055 **	78.124 **	3.803	5.703
Durée (j).....	35,6	38,1	43,3				
Consommation totale (kg).....	52,7	53,3	66,2				
Consommation journalière (kg).....	1,49	1,42	1,57	0,08160 **	0,03764	0,09852 *	0,01247
Indice de consommation (kg).....	2,62	2,73	3,34	0,5013 **	4,7013 **	0,1741	0,1352
Coefficient d'efficacité protidique.....	2,67	3,16	3,89	0,5671 *	10,8220 **	0,1283	0,1832
<i>Période 45-68 kg</i>							
Poids au début de la période, (kg).....	45,2	43,7	44,2				
Gain moyen quotidien (g).....	810	765	658	23.456	128.291 *	7.006	24.555
Durée (j).....	29,3	31,8	36,9				
Consommation totale (kg).....	62,8	69,1	80,0				
Consommation journalière (kg).....	2,21	2,18	2,18	0,08391	0,00409	0,00073	0,06220
Indice de consommation (kg).....	2,84	2,88	3,36	0,08320	1,4820 **	0,3419	0,1378
Coefficient d'efficacité protidique.....	2,28	2,99	3,87	0,06145	13,6356 **	0,06182	0,1314
<i>Période 68-90 kg</i>							
Poids au début de la période, (kg).....	67,5	67,9	68,2				
Gain moyen quotidien (g).....	732	774	676	13.532	17.192	35.887 (0,10)	9.021
Durée (j).....	35,6	31,2	35,0				
Consommation totale (kg).....	83,3	76,8	85,7				
Consommation journalière (kg).....	2,37	2,48	2,45	0,04058	0,03682	0,02970	0,05637
Indice de consommation (kg).....	3,25	3,21	3,70	0,1217	1,1500 **	0,5185 *	0,08779
Coefficient d'efficacité protidique.....	1,99	2,69	3,51	0,1130	13,5099 **	0,03782	0,08054

Seuil de signification : 0,01 ** 0,05 *

(1) Indice de consommation (kg) = Quantité de nourriture ingérée (kg)/gain de poids (kg) 3 peut être converti en UF sur la base de 1,2 UF/kg d'aliment.

(2) Coefficient d'efficacité protidique (CEP) = Gain de poids (kg)/Quantité de protéines (N × 6,25) ingérées (kg)

Les résultats obtenus au cours des deux périodes suivantes montrent qu'il n'est pas avantageux d'abaisser le taux protidique du régime à moins de 14 p. 100 pour les animaux présentant un poids vif de 45 à 68 kg et à moins de 10 p. 100 entre 68 et 90 kg.

B) Digestibilité et rétention azotée

1^o) Période totale (tabl. 5)

Les résultats généraux concernant la digestibilité et la rétention azotées dans l'expérience *a*, pour l'ensemble des 12 périodes, sont rapportés dans le tableau 5. Le coefficient d'utilisation digestive (C.U.D.) de la matière sèche est relativement élevé (autour de 90 p. 100) et constant. Par contre, le C.U.D. de l'azote est plus faible au taux protidique inférieur (82 p. 100 au lieu de 87 p. 100 à 12 et 16 p. 100 de matières azotées).

La quantité d'azote retenue dans les tissus, calculée à partir des résultats du bilan, augmente lorsqu'on élève le taux azoté ; en valeur relative, le coefficient de rétention diminue, de même d'ailleurs que le coefficient d'efficacité protidique, déterminé d'après les résultats de croissance. En même temps, la teneur du gain en protéines augmente d'une manière significative avec le taux azoté.

2^o) Évolution au cours de la croissance (tableaux 6, 7 et 8).

Afin de faciliter la présentation des résultats se rapportant aux 12 animaux et aux 12 périodes, nous avons réuni pour chaque animal 3 périodes de collecte de 6 jours en une seule ; les résultats correspondants sont présentés dans les tabl. 6, 7 et 8.

Étant donné que l'expérience de bilan a porté sur une période relativement longue, il a été possible d'étudier, pour chacun des lots, la régression de la quantité d'azote retenue par jour (*N*) sur le temps (en jours) écoulé depuis le début de l'expérience. Ceci a permis de déterminer la forme de la courbe illustrant l'évolution de la rétention azotée en fonction du temps (tabl. 9, fig. 2) :

— dans le lot I (16 p. 100 de protéines), la quantité d'azote retenue/*j* décroît linéairement en fonction du temps :

$$N, g/j = 22,93 - 0,087 t$$

— dans le lot II (12 p. 100 de protéines), la rétention azotée n'est pas modifiée d'une manière significative au cours des 12 semaines d'expérience ; sa valeur moyenne est alors de 17,71 g/j.

— dans le lot III, où le taux de protéines est abaissé à 8 p. 100 la rétention azotée suit une allure parabolique, l'équation de régression étant :

$$N, g/j = 7,14 + 0,36 - 0,0039 t^2.$$

La curvilinéarité de la régression est hautement significative (seuil 0,01) ; la valeur maximum obtenue pour *N* est 15,44 pour *t* = 46 jours, correspondant au poids de 65 kg.

Ces résultats montrent que l'évolution de la rétention azotée est fonction d'une part de l'âge de l'animal, d'autre part du niveau d'ingestion, et la comparaison des lignes de régression entre elles permet de déterminer le taux de protéines qui, aux

TABLEAU 4
Résultats moyens de croissance et de consommations — Expérience B.

Lot	I B	II B	III B	Blocs DL = 9	Carré moyen			Erreur DL = 18
					Taux azoté			
Nombre d'animaux	10	10	10		Terme linéaire DL = 1	Terme quadratique DL = 4		
<i>Période totale 20-90 kg</i>								
Poids initial, (kg)	23,4	23,2	24,0					
Poids final, (kg)	91,5	91,2	91,5					
Gain moyen quotidien (g).....	689	593	373	5.689	498.017 **	26.042 (0,10)		8.377
Durée d'engraissement (j)	99,4	115,5	196,0					
Consommation totale (kg)	192,2	215,0	314,9					
Consommation journalière (kg)	1,94	1,87	1,67	0,02870	0,4470 **	0,04108		0,02389
Indice de consommation (kg).....	2,82	3,16	4,69	0,2867	17,3725 **	2,3522 *		0,4874
Coefficient d'efficacité protidique	2,94	3,47	3,68	0,1479	2,7975 **	0,1602		0,2920
<i>Période 20-45 kg</i>								
Protéines p. 100 régime.....	16,0	12,0	8					
Poids au début de la période (kg)	23,4	23,2	24,0					

Gain moyen quotidien (g).....	561	440	290	4.879	361.536 **	1.224	6.577
Durée (j)	40,6	51,8	79				
Consommation totale (kg).....	57,6	67,9	94,0				
Consommation journalière (kg)	1,47	1,33	1,21	0,01059	0,3458 **	0,00033	0,02551
Indice de consommation (kg).....	2,58	3,01	4,36	0,2900	15,8242 **	1,3893 (0,10)	0,3974
Coefficient d'efficacité protidique	2,61	2,98	3,17	0,1207	1,5512 **	0,0510	0,1729
<i>Période 45-68 kg</i>							
Protéines p. 100 régime.....	14,1	10,5	7,0				
Poids au début de la période, (kg).....	45,8	45,8	45,6				
Gain moyen quotidien (g).....	74,7	736	467	21.246	378.675 **	106.345 *	13.838
Durée (j)	30,8	33,6	53,2				
Consommation totale (kg)	61,8	70,3	94,8				
Consommation journalière (kg)	2,03	2,14	1,81	0,09199 *	0,2599 *	0,3375 **	0,03189
Indice de consommation (kg).....	2,74	2,97	4,06	0,3330	8,6330 **	1,2155 (0,10)	0,3226
Coefficient d'efficacité protidique	2,80	3,45	3,88	0,2972	5,7352 **	0,0814	0,2737
<i>Période 68-90 kg</i>							
Protéines p. 100 régime.....	10,0	7	5				
Poids au début de la période, (kg).....	68,3	69,5	69,1				
Gain moyen quotidien (g).....	833	743	461	23.756	688.576 **	60.738	35.055
Durée (j)	28,0	30,1	63,7				
Consommation totale (kg)	72,8	76,7	126,2				
Consommation journalière (kg)	2,61	2,58	2,15	0,08467	1,0811 **	0,2627	0,1245
Indice de consommation (kg).....	3,14	3,52	5,69	1,6549	32,4870 **	5,3104	2,2956
Coefficient d'efficacité protidique	3,55	4,28	4,55	0,7275	4,9800 (0,10)	0,3619	1,2552

Seuil de signification : 0,01 ** ; 0,05 * ; 0,10 (0,10).

TABLEAU 5

Expérience de bilan a — Résultats récapitulatifs sur 12 périodes de 6 jours.

Lot	Protéines p. 100 ration	Porc n°	Poids initial (kg)	Poids final (kg)	Gain moy/j (g)	Indice de consom- mation (kg)	C. E. P.	M. S. ingérée (g/j)	M. S. féces (g/j)	C. U. D. M. S. p. 100 (1)	N ingéré (g/j)	N fécal (g/j)	N urinaire g/j	N retenu (g/j)	C. U. D. N p. 100 (2)	C. R. p. 100 (3)	Pourcentage de protéines dans le gain
I _a	16	1	34,5	94,0	708	2,65	2,43	1 999,4	218,7	89,4	55,02	6,67	30,29	18,06	87,9	37,4	15,9
		2	35,5	98,0	744	2,48	2,60	1 966,6	196,6	90,2	54,11	6,62	28,22	19,27	87,8	40,6	16,2
		3	31,5	102,0	839	2,35	2,75	2 108,3	242,3	88,5	58,02	7,34	28,67	22,04	87,3	43,4	16,4
		4	32,5	94,0	732	2,42	2,67	1 890,3	221,7	88,3	52,02	7,56	26,56	17,90	85,5	40,3	15,3
		moy.	33,5	97,0	756	2,47	2,61	1 991,1	219,8	89,0	54,79	7,05	28,43	19,31	87,1	40,4	15,9
II _a	12	1	32,5	96,0	756	2,42	3,56	1 947,0	121,0	93,8	40,49	4,45	49,28	16,46	88,9	46,4	13,6
		2	34,0	99,0	774	2,49	3,46	2 053,2	206,7	89,9	42,38	5,53	48,98	17,87	87,0	48,5	14,4
		3	34,5	92,0	684	2,59	3,33	1 888,6	184,5	90,2	38,98	5,33	46,05	17,60	86,3	52,3	16,1
		4	33,0	100,0	798	2,29	3,76	1 944,0	206,4	89,4	40,06	5,31	45,97	18,78	86,7	54,4	14,7
		moy.	33,5	96,7	753	2,45	3,52	1 957,4	179,6	90,8	40,40	5,45	47,57	17,68	87,2	50,2	14,7
III _a	8	1	32,0	87,0	655	2,58	5,03	1 795,3	148,1	91,7	26,70	3,72	8,10	12,88	84,9	61,4	12,3
		2	33,0	98,0	774	2,50	5,19	2 051,9	205,2	90,0	28,24	5,05	9,62	13,57	82,1	58,5	10,9
		3	34,5	91,0	673	2,66	4,88	1 904,5	173,6	90,9	26,21	4,23	7,66	14,32	83,9	65,4	13,3
		4	33,0	90,0	679	2,69	4,83	1 884,3	182,7	90,6	26,70	5,93	9,30	11,47	77,8	55,2	10,6
		moy.	33,1	91,5	695	2,61	4,98	1 909,0	177,4	90,8	26,46	4,73	8,67	13,06	87,2	60,0	11,8

(1) Coefficient d'utilisation digestive de la matière sèche (C. U. D. M. S.) $\frac{\text{Mat. sèche digérée (g)}}{\text{Mat. sèche ingérée (g)}} \times 100$.

(2) Coefficient d'utilisation digestive de l'azote (C. U. D. N.) = $\frac{\text{N absorbé} \times 100}{\text{N ingéré}}$.

(3) Coefficient de rétention azotée (C. R.) = $\frac{\text{N retenu} \times 100}{\text{N absorbé}}$.

TABLEAU 5 (*suite*)

Source de variation	DL	Carré moyen					
		Gain moyen quotidien (g)	Indice de consommation (kg)	C. U. D. Mat. sèche	C. U. D.	Coefficient de rétention	Protéines p. 100 du gain
Blocs	3	1 673	0,0044	2,50	7,83	16,27	1,77
<i>Taux azoté</i>							
Terme linéaire	1	7 320	0,0351	6,30 (0,10)	49,00 **	770,28 **	34,86 **
Terme quadratique	1	2 017	0,0234	2,22	17,68 *	0	1,87
Erreur	6	3 452	0,0176	1,38	2,30	10,30	0,56

Seuil de signification : 0,01 ** ; 0,05 * ; 0,10 (0,10)*

TABLEAU 6

Expérience a : Résultats par périodes de 3 semaines — Régime 1 à 16 p. 100 de protéines

Périodes de trois semaines	Porc n°	Poids au début de la période (kg)	Poids moyen (kg)	Gain moyen/j (g)	MS ingérée (g/j)	MS fèces (g/j)	CUD MS p. 100	N ingéré (g/j)	N fécal (g/j)	N urinaire (g/j)	N retenu (g/j)	CUD N p. 100	CR p. 100	Pourcentage de protéines dans le gain
1	1	34,5	42,5	762	1 443,5	160,0	88,9	39,73	4,05	14,70	20,98	89,8	58,8	17,2
	2	35,5	43,2	738	1 443,5	181,4	87,5	39,73	4,19	11,82	23,72	89,4	66,7	20,1
	3	33,5	39,7	786	1 443,5	169,8	88,2	39,73	4,81	9,39	25,53	87,9	73,1	20,3
	4	32,5	39,0	619	1 278,2	145,7	88,6	35,18	5,42	12,82	16,94	84,6	56,9	17,1
	moy.	33,5	41,1	726	1 402,2	164,1	88,3	38,59	4,62	12,18	21,79	87,9	63,9	18,7
2	1	50,5	57,5	667	1 890,1	203,1	88,6	52,02	6,40	27,19	18,43	87,7	40,4	17,3
	2	51,0	58,7	738	1 950,8	198,5	89,8	53,69	6,30	27,44	19,95	88,2	42,1	16,9
	3	48,0	57,2	881	1 950,4	220,4	88,7	53,68	7,47	21,95	24,36	86,1	52,5	17,2
	4	45,5	53,0	714	1 774,1	216,7	87,8	48,82	6,80	23,78	18,34	86,1	43,4	16,0
	moy.	48,7	56,6	750	1 891,3	209,7	88,7	52,05	6,74	25,09	20,22	87,0	44,6	16,8
3	1	64,5	73,0	809	2 341,0	240,7	89,7	64,42	6,91	36,07	21,44	89,3	53,5	16,6
	2	66,5	73,2	643	2 095,7	186,1	91,4	57,67	6,38	35,29	16,00	88,9	31,2	15,5
	3	66,5	75,2	833	2 444,5	259,7	89,4	67,27	7,18	40,33	19,76	89,3	32,9	14,8
	4	60,5	69,2	833	2 181,9	243,3	88,8	60,05	8,77	32,37	18,91	85,4	36,9	14,2
	moy.	64,5	72,7	780	2 265,8	232,4	89,7	62,35	7,31	36,01	19,03	88,2	38,6	15,3
4	1	81,5	87,7	595	2 316,9	258,8	88,8	63,76	9,29	43,04	11,43	85,4	21,0	12,0
	2	80,0	89,0	857	2 375,3	209,1	91,2	65,37	9,59	38,29	17,49	85,3	31,3	12,7
	3	84,0	93,0	857	2 586,4	317,9	87,7	71,77	9,94	42,64	18,59	86,0	30,4	13,6
	4	78,0	86,0	762	2 352,8	284,4	87,9	64,75	9,29	37,93	17,53	85,7	31,6	14,4
	moy.	80,9	89,0	768	2 407,8	267,5	88,9	66,26	9,53	40,47	16,26	85,6	28,6	13,2

TABLEAU 7

Expérience a: Résultats par périodes de 3 semaines — Régime 11 à 12 p. 100 de protéines

Périodes de trois semaines	Porc n°	Poids au début de la période (kg)	Poids moyen (kg)	Gain moyen/j (g)	MS ingérée (g/j)	MS fèces (g/j)	CUD MS p. 100	N ingéré (g/j)	N fécal (g/j)	N urinaire (g/j)	N retenu (g/j)	CUD N p. 100	CR p. 100	Pourcentage de protéines dans le gain
1	1	32,5	40,2	738	1 448,6	115,1	92,0	29,90	4,28	8,90	16,72	85,7	65,3	14,2
	2	34,0	41,2	690	1 457,4	164,7	88,7	30,08	4,81	8,52	16,75	84,0	66,3	15,2
	3	34,5	42,2	738	1 450,2	159,5	89,0	29,93	4,67	6,02	19,24	84,4	76,2	16,3
	4	33,0	39,2	595	1 275,9	144,2	88,7	26,34	4,18	5,63	16,53	84,1	74,6	17,4
	moy.	33,5	40,7	690	1 408,0	145,9	89,6	29,06	4,48	7,27	17,31	84,5	70,6	15,8
2	1	48,0	55,5	714	1 817,7	98,2	94,6	37,52	3,23	17,18	17,11	91,4	49,9	15,0
	2	48,5	56,7	786	1 923,5	180,2	90,6	39,70	4,98	15,58	19,14	87,5	55,1	15,2
	3	50,0	58,7	833	1 927,7	183,8	90,5	39,79	4,95	12,52	22,32	87,6	64,1	16,8
	4	45,5	53,0	714	1 736,8	186,7	89,3	35,89	5,38	12,11	18,40	85,0	60,3	16,1
	moy.	48,0	56,0	762	1 851,9	162,2	91,2	38,22	4,63	14,35	19,24	87,9	57,3	15,8
3	1	63,0	71,5	810	2 209,7	132,1	94,0	45,61	4,79	25,82	15,00	89,5	36,7	11,6
	2	65,0	74,5	905	2 407,8	233,0	90,3	49,70	5,88	26,58	17,24	88,2	39,3	11,9
	3	67,5	74,0	619	2 136,2	206,1	90,3	44,09	5,69	24,11	14,29	87,1	37,2	14,4
	4	60,5	70,7	976	2 228,4	232,5	89,6	45,99	5,62	20,64	19,73	87,8	48,9	10,6
	moy.	64,0	72,7	828	2 245,5	200,9	91,0	46,35	5,49	24,29	16,57	88,1	40,5	12,6
4	1	80,0	88,0	762	2 304,8	137,2	94,0	47,57	5,44	25,09	17,04	88,6	40,4	14,0
	2	84,0	91,5	714	2 416,9	247,3	89,8	49,88	6,40	25,07	18,41	87,2	42,3	16,1
	3	80,5	86,2	548	2 042,2	188,7	90,8	42,15	5,99	21,36	14,50	85,8	35,1	16,9
	4	81,0	90,5	905	2 554,9	264,2	89,7	52,73	6,11	26,05	20,87	88,4	44,1	14,2
	moy.	81,4	89,0	732	2 329,7	209,3	91,1	48,08	5,98	24,39	17,71	87,5	40,5	15,3

TABLEAU 8

Expérience a : Résultats par périodes de 3 semaines — Régime III à 8 p. 100 de protéines

Périodes de trois semaines	Porc n°	Poids au début de la période (kg)	Poids moyen (kg)	Gain moyen/j (g)	M S ingérée (g/j)	M S fèces (g/j)	C U D M S p. 100	N ingéré (g/j)	N fécal (g/j)	N urinaire (g/j)	N retenu (g/j)	C U D N p. 100	C R p. 100	Pourcentage de protéine dans le gain
1	1	32,0	37,7	548	1 362,4	117,4	91,4	18,75	3,15	6,49	9,11	83,2	58,4	10,4
	2	33,0	39,5	619	1 456,4	162,9	88,8	20,04	3,95	6,09	10,00	80,3	62,2	10,1
	3	34,5	40,2	548	1 441,0	146,8	89,8	19,83	3,46	4,00	12,37	82,5	75,6	14,1
	4	33,0	38,5	524	1 295,6	122,2	90,6	17,83	3,82	4,18	9,83	78,5	70,2	11,7
	moy.	33,1	39,0	560	1 388,8	137,3	90,1	19,11	3,59	5,19	10,33	81,1	66,6	11,6
2	1	43,5	51,0	714	1 783,9	173,0	90,3	24,55	3,33	6,33	14,89	86,4	70,2	13,0
	2	46,0	54,5	810	1 919,3	190,4	90,1	26,41	3,66	8,01	14,74	86,1	64,8	11,4
	3	46,0	54,7	833	1 919,3	181,4	90,5	26,42	3,91	6,55	15,96	85,2	70,9	12,0
	4	44,0	51,5	714	1 796,1	177,4	90,1	24,71	6,27	7,42	11,02	74,5	59,8	9,6
	moy.	44,9	53,0	768	1 854,8	180,5	90,2	25,52	4,29	7,08	14,15	83,0	66,4	11,5
3	1	58,5	66,7	786	2 112,4	153,6	92,7	29,07	4,05	10,96	14,06	86,1	56,2	11,2
	2	63,0	72,7	929	2 434,4	243,3	90,0	33,50	6,24	10,84	16,42	81,4	60,2	11,0
	3	63,5	72,7	881	2 232,7	208,1	90,7	30,72	4,94	9,09	16,69	83,9	64,7	11,8
	4	59,0	67,7	833	2 277,5	226,7	90,0	31,34	6,86	12,18	12,30	78,1	50,2	9,2
	moy.	61,0	70,0	857	2 264,2	207,9	90,8	31,16	5,52	10,77	14,87	82,4	57,8	10,8
4	1	75,0	81,0	571	1 921,6	149,9	92,2	26,44	4,33	8,53	13,58	83,6	61,4	14,9
	2	82,5	90,2	738	2 390,2	222,0	90,7	32,89	6,23	13,44	13,22	81,0	49,6	11,2
	3	82,0	86,5	429	2 025,1	158,4	92,2	27,86	4,56	10,94	12,36	83,6	53,0	18,0
	4	76,5	83,2	643	2 184,7	205,8	90,6	30,06	6,79	13,67	9,60	77,4	41,3	9,3
	moy.	79,0	85,2	595	2 130,4	184,0	91,4	29,31	5,48	11,64	12,18	81,4	51,3	13,3

différents stades de la croissance, provoque la rétention azotée maximum. Au début de la croissance, c'est le régime à 16 p. 100 de protéines qui assure le dépôt maximum d'azote. Mais à partir de la 6^e semaine, c'est-à-dire vers 50 kg environ, le taux optimum de protéines est abaissé à 12 p. 100, le dépôt journalier étant alors aussi élevé qu'avec le régime à 16 p. 100.

TABLEAU 9

*Expérience a : Évolution du gain moyen quotidien et de la rétention azotée au cours de la croissance.
Interprétation statistique des résultats*

Lot	Protéines p. 100 régime	Carré moyen			Équation de régression en fonction du nombre de jours (t) depuis le début de l'expérience (1)
		Linéarité DL = 1	Curvilinearité DL = 1	Erreur DL=45	
<i>Gain moyen quotidien (g/j)</i>					
I a	16	6.939	57.143	26.122	GMQ, g/j = 756
II a	12	37.755	144.694 *	30.816	GMQ, g/j = 521 + 9,5 t — 0,10 t ² GMQ max = 745 g pour t = 47 j
III a	8	1.224	1 158.979 **	36.327	GMQ, g/j = 356 + 23,7 t — 0,28 t ² GMQ max = 856 pour t = 46 j
<i>Azote retenu (g/j N)</i>					
I a	16	215,91 **	17,94	18,79	N, g/j = 22,93 — 0,087 t
II a	12	0,54	6,98	8,61	N, g/j = 17,71
III a	2	18,39	200,65 **	8,53	N, g/j = 7,14 + 0,36 t — 0,0039 t ² N max = 15,44 pour t = 46 j

** Seuil de signification 0,01

* Seuil de signification 0,05.

(1) Age moyen au début de l'expérience : 120 jours.

De même que pour la rétention azotée, nous avons étudié les variations du gain moyen journalier en fonction du temps (tabl. 9, fig. 2). Si l'on compare les deux séries de résultats, on met en évidence les faits suivants :

— dans le lot I, la rétention journalière d'azote diminue avec l'âge, alors que la vitesse de croissance reste la même ; par voie de conséquence, le pourcentage de protéines dans le gain, qui est relativement élevé en début de croissance, diminue fortement ensuite (tabl. 6) ;

— dans le lot II, la vitesse de croissance évolue selon une parabole à courbure peu prononcée, tandis que la rétention azotée est pratiquement constante ; il en résulte que le pourcentage de protéines dans le gain de poids varie dans de faibles limites (tabl. 7) ;

— dans le lot III, la vitesse de croissance et la rétention azotée suivent la même évolution et sont maximum au même moment (après la 7^e semaine). La diminution de la rétention azotée en fin de croissance dans le lot III s'explique du fait que

la croissance des animaux a été moins bonne durant cette période ; ici encore le pourcentage de protéines dans le gain de poids varie peu.

Si l'on étudie l'évolution de la rétention azotée, non plus en fonction du temps, mais en fonction du poids moyen hebdomadaire (en kg), on obtient une série de relations analogues aux précédentes :

FIG. 2. — Évolution du gain moyen quotidien et de la rétention azotée au cours de la croissance (expérience a)

— Pour le lot I, seul le terme linéaire de la relation est significatif ; il s'agit d'une droite qui a pour équation : $N \text{ retenu (g/j)} = 26,37 - 0,110 P \text{ (kg)}$.

— Pour le lot II, la régression n'est pas significative (il en est de même en fonction du temps) et $N \text{ retenu (g/j)} = 17,71$.

— Pour le lot III, la courbe évolutive est une parabole qui a pour équation : $N \text{ retenu (g/j)} = -12,42 + 0,84 P^2 - 0,0064$. La curvilinearité de la régression est significative au seuil 0,01.

C) Composition corporelle

Les résultats de composition corporelle sont rapportés dans le tableau 10 pour les trois expériences. D'une manière générale, le pourcentage de morceaux maigres dans la carcasse (jambon + longe) augmente et le pourcentage de morceaux gras (bardière + panne) diminue lorsque le taux de matières azotées dans le régime augmente. L'épaisseur moyenne du lard dorsal $\left(\frac{\text{rein} + \text{dos}}{2}\right)$ diminue dans les mêmes conditions ; mais les différences entre les régimes ne sont pas significatives en raison de variations individuelles relativement importantes à l'intérieur d'un même lot. Il convient de remarquer que les animaux en cages (expérience a), qui ont réalisé dans tous les cas une croissance élevée, sont plus gras que ceux élevés en loges.

Si l'on compare les résultats des deux expériences A et B, on constate que les animaux de l'expérience B sont plus gras que ceux des lots correspondants de l'expérience A. Ceci semblerait indiquer que le fait de réduire le taux azoté au cours de la croissance provoque une augmentation de l'adiposité de la carcasse. Cependant, la portée de cette constatation est réduite étant donné que les deux expériences ne se sont pas déroulées à la même époque et que la comparaison statistique n'est pas possible.

DISCUSSION

1) Détermination du taux optimum de protéines de poisson

Le besoin azoté chez le Porc en croissance a, le plus souvent, été défini en se basant sur quatre critères de signification inégale : la vitesse de croissance, la rétention azotée, la composition corporelle et le rendement de transformation de l'aliment en tissus.

Si l'on se réfère aux essais de croissance que nous avons effectués, le taux optimum d'incorporation des protéines de poisson, exprimé en matières azotées totales, serait respectivement de 16, 14 et 12 p. 100 pour les tranches de poids vif 23-45 kg, 45-68 kg, 68-90 kg. Cette décroissance du besoin azoté relativement au besoin énergétique est absolument classique si l'on en juge par les expériences rapportées dans le tableau 1. Puisque la vitesse de croissance augmente linéairement avec le taux de protéines au cours de la première phase 23-45 kg, on peut se demander si le taux optimum pour une croissance maximum n'est pas supérieur à 16 p. 100 au cours de cette phase. D'après des observations récentes (RÉRAT et HENRY, données non publiées), la vitesse de croissance n'est cependant pas accrue de façon significative lorsqu'on dépasse le taux de 16 p. 100 de protéines de poisson dans le régime, et ce

TABLEAU 10 (*suite*)

Analyse de variance	Expérience A					Expérience B				
	Carré moyen					DL	Carré moyen			
	DL	Rendement	(Jambon + Longe) p. 100 poids net	(Bardière + Panne) p. 100 poids net	Épaisseur lard dorsal Rein + Dos $\frac{\quad}{2}$		Rendement	(Jambon + Longe) p. 100 poids net	(Bardière + Panne) p. 100 poids net	Épaisseur lard dorsal Rein + Dos $\frac{\quad}{2}$
Source de variation										
Blocs	10	5,8961	5,8997	7,8621 **	23,0390	1	1,7216	13,4375 **	14,9387 *	31,94
<i>Taux azoté</i>										
Terme linéaire	1	1,6146	12,2404 (0,10)	24,7192 **	43,6848	1	12,0746 *	15,8776 (0,10)	24,7309 (0,10)	54,45
Terme quadratique	1	4,3685	9,6907	3,7347	0,0182	1	1,1929	0,02321	0,3682	9,60
Erreur	20	4,2844	3,5206	2,2980	27,4485	18	1,6959	4,0981	5,7687	24,65

** Seuil de signification 0,01.

* Seuil de signification 0,05.

(0,10) Seuil de signification 0,10.

(1) Taux correspondant aux périodes 20-45 kg ; 45-68 kg ; 68-90 kg.

taux peut être considéré comme proche de l'optimum. Par ailleurs, la question du taux optimum pendant la fin de la croissance n'est pas entièrement résolue.

Si l'on se réfère aux résultats de rétention azotée que nous avons obtenus, le taux optimum d'incorporation des protéines de poisson serait de 16 p. 100 jusqu'au poids vif de 50 kg et de 12 p. 100 par la suite. Précisons cependant que le taux optimum ne peut être obtenu avec la même exactitude que dans les expériences précédentes puisqu'il n'a pas été utilisé de taux intermédiaire. Ces résultats n'infirmant donc pas les conclusions obtenues à l'aide des expériences de croissance.

En ce qui concerne la composition corporelle, sans permettre de conclure à un taux optimum pour l'obtention d'une carcasse maigre, les expériences décrites mettent néanmoins en évidence l'influence favorable de l'élévation du taux azoté sur la qualité de la carcasse. Ce fait est en accord avec les résultats de MITCHELL,

TABLEAU II

Taux de matières azotées recommandées aux États-Unis et en France

Poids du porc (kg)	Recommandations américaines (N. R. C., 1959)	Recommandations françaises (LEROY, 1937)	Résultats des expériences A, a et B	
	MAT p. 100 ⁽¹⁾ de la ration	MAD ⁽²⁾ g/UF	MAT ⁽¹⁾ p. 100	MAD ⁽²⁾ g/UF
23-45	16	135	16	115 ⁽³⁾
45-68	16	120	14	100 ⁽³⁾
68-90	14	100	12	85 ⁽³⁾

⁽¹⁾ MAT : Matières azotées totales ($N \times 6,25$).

⁽²⁾ MAD : Matières azotées digestibles.

⁽³⁾ Valeurs obtenues sur les bases suivantes : Coefficient de digestibilité des matières azotées : 87,3. Valeur fourragère : 1,20 UF, d'après les chiffres cités par ARMSBY (1922) pour l'énergie nette des composants du régime.

et HAMILTON (1935), CARROLL et *al.* (1935-36), ROBISON et *al.* (1952), WILSON et *al.* (1953), KROPF et *al.* (1959), STEVENSON et *al.* (1960), CLARK et *al.* (1961), KURYVIAL et BOWLAND (1962), SEYMOUR et *al.* (1962), GILLETT et *al.* (1962). Bien entendu, au-dessus d'un certain taux, la composition corporelle n'est pratiquement plus modifiée (WOODMAN et *al.*, 1936, ROBISON, 1940). Précisons néanmoins que certains auteurs (HUDMAN et PÉO, 1960, AUNAN et *al.*, 1961) n'ont pas constaté d'influence significative du taux azoté de la ration sur la proportion de morceaux maigres dans la carcasse ; ce fait peut s'expliquer par le faible écart entre les divers taux azotés utilisés par ces auteurs et l'abaissement de ces taux dans les régimes en fin de croissance.

Enfin, si l'on en juge par l'efficacité alimentaire (indice de consommation), les

taux optimum définis sont les mêmes que pour la croissance. Par contre, le rendement de l'azote ingéré (coefficient d'efficacité protidique et coefficient de rétention azotée) est d'autant plus faible que le taux azoté est plus élevé ; ce résultat est en accord avec la notion classique selon laquelle les coefficients d'efficacité protidique et de rétention azotée présentent leurs maximum à des taux d'azote pour lesquels la croissance est loin d'être la plus rapide (OSBORNE et MENDEL, 1918 ; BARNES et BOSSHARDT, 1946).

En dehors de cette exception, les divers critères utilisés nous ont permis d'obtenir des résultats convergents en ce qui concerne le taux optimum de protéines à introduire dans le régime du Porc.

À titre de comparaison sont rapportées, dans le tableau II, les recommandations du N. R. C. (National Research Council, 1959) qui représentent la moyenne des expériences les plus valables exécutées aux États-Unis, ainsi que les recommandations françaises (LEROY, 1937). Dans un cas comme dans l'autre, nos estimations sont inférieures aux taux généralement recommandés. On peut penser que c'est la qualité des matières azotées utilisées qui est cause de ces divergences. Par exemple, l'aliment utilisé dans la majorité des expériences américaines est un mélange de maïs (80 p. 100) et de tourteau de soja (20 p. 100) ; l'index d'acides aminés essentiels (IAAE d'OSER, 1951), calculé pour ce mélange à l'aide des données d'analyse de FAUCONNEAU et PION (1963) a une valeur de 79 ; par contre, le même index, calculé pour la farine de poisson utilisée dans nos expériences est de 90. L'utilisation métabolique de l'azote va donc être meilleure pour la farine de poisson que pour le mélange maïs-soja, ce qui permet de réduire les quantités administrées. De la même façon, les recommandations françaises sont plus élevées que nos estimations, mais elles sont destinées à des régimes à base de céréales et de tourteaux (orge-arachide par exemple) dont les protéines ont une valeur biologique plus faible que celle de la farine de poisson. Que l'on puisse pallier un déficit de l'azote alimentaire en quantité par la qualité et vice versa, est du reste une notion ancienne (TERROINE, 1936) et certains faits expérimentaux sont venus récemment le confirmer (KROFF et *al.*, 1959 ; KRÜGER et HINRICHSSEN, 1954 ; BECKER et *al.*, 1955 ; RÉRAT et *al.*, 1962). Notons, par ailleurs, que les normes proposées par CLAUSEN (1963) au Danemark, pour des régimes à base d'orge et de lait écrémé (tabl. I) sont comparables aux valeurs trouvées dans la présente étude.

Le besoin azoté quantitatif n'a ainsi de réelle signification que si on l'exprime sous la forme d'une quantité ou d'un pourcentage d'une protéine de référence, d'origine et de composition connues et d'une bonne efficacité pour la croissance. Il serait cependant préférable de substituer à cette notion de besoin quantitatif d'azote celle de besoin en acides aminés (RÉRAT, 1961).

Dans cet ordre d'idée, nous avons comparé (tabl. 12) les taux d'acides aminés recommandés par le National Research Council (1959) et les taux présents dans nos régimes expérimentaux. De cette comparaison, il ressort que, lors des premières phases de croissance pour lesquelles les besoins approximatifs sont connus, tous les acides aminés indispensables sont apportés en excès, sauf toutefois le groupe des acides aminés soufrés (méthionine + cystine) : pour ceux-ci l'apport est équivalent au besoin présumé et ils représentent très probablement le facteur limitant des protéines de poisson pour la croissance du Porc. Cependant, il faut préciser que la valeur énergétique des régimes que nous avons utilisés est plus élevée que celle des

régimes ayant servi à établir les recommandations du N. R. C. (relativement 1,20 à 1,25 UF/kg contre 0,95 à 1 UF/kg). Or, des études récentes (BOWLAND et BERG, 1959, KURYVIAL, BOWLAND et BERG, 1962, CLAWSON et *al.*, 1962, WAGNER et *al.*, 1963) ont permis de montrer que le besoin azoté varie en fonction du taux énergétique du régime. On peut donc penser qu'il en est de même du besoin en

TABLEAU 12

Comparaison entre les taux des aminoacides présents dans les régimes expérimentaux et les recommandations du National Research Council (1959)

	Besoins ⁽¹⁾ d'après N. R. C. (1959) p. 100 régime	Teneurs des régimes expérimentaux p. 100 régime		
		Farine de poisson 16 p. 100 MAT ⁽²⁾	Farine de poisson 14 p. 100 MAT ⁽³⁾	Farine de poisson 12 p. 100 MAT ⁽⁴⁾
Arginine.....	0,20	1,17	1,02	0,88
Histidine.....	0,20	0,38	0,34	0,29
Isoleucine.....	0,60	0,86	0,76	0,65
Leucine.....	0,60	1,15	1,01	0,86
Lysine.....	0,65	1,23	1,08	0,92
Méthionine.....	0,30	0,42	0,36	0,31
Cystine.....	0,30	0,18	0,15	0,13
Méthionine + cystine.....	0,60	0,60	0,51	0,44
Phénylalanine.....	0,35	0,67	0,59	0,50
Tyrosine.....	0,15	0,59	0,52	0,44
Thréonine.....	0,20	0,78	0,69	0,59
Valine.....	0,40	1,00	0,88	0,76

⁽¹⁾ Pour des animaux de 11 à 32 kg.

⁽²⁾ Permettant la croissance maximum chez des porcs de 23 à 45 kg.

⁽³⁾ Permettant la croissance maximum chez des porcs de 45 à 68 kg.

⁽⁴⁾ Permettant la croissance maximum chez des porcs de 68 à 90 kg.

MAT : Matières azotées totales.

aminoacides essentiels. Si l'on tient compte de ce facteur, la teneur en aminoacides soufrés relativement au contenu énergétique du régime est plus faible dans les régimes que nous avons utilisés ; puisque la croissance a été aussi rapide dans nos expériences que dans celles décrites par le N. R. C., on peut en déduire que les recommandations du N. R. C. concernant le besoin en acides aminés soufrés sont probablement légèrement surestimées.

2) Évolution de la rétention azotée au cours de la croissance

Des tentatives assez nombreuses ont été faites pour déterminer le besoin azoté à partir de la rétention dans les tissus, mesurée soit à l'aide de la méthode des bilans, soit encore d'après la composition chimique corporelle déterminée à différents âges.

Or, les avis sont partagés quant à la forme de la courbe d'évolution du dépôt azoté journalier en fonction de l'âge et du poids.

Selon certains auteurs, le dépôt journalier de protéines suit une allure parabolique entre le sevrage et l'état adulte. Ainsi, pour JESPERSEN (1952), la rétention journalière augmente depuis la valeur de 50-60 g à 20 kg de poids vif jusqu'à un maximum de 100 g entre 60 et 70 kg (âge : 140-160 jours) correspondant à un gain moyen journalier de 800 g. Plus récemment, WENIGER (1955), HENCKEN et FREESE (1960) ont pu confirmer ces faits avec toutefois des divergences de détail concernant la valeur de la rétention maximum et l'âge ou le poids permettant de l'atteindre. De plus, selon ces derniers auteurs, l'évolution et la rétention azotée serait différente selon la précocité de l'animal : le niveau maximum semble constant, mais il est atteint d'autant plus rapidement que la vitesse de croissance est plus grande.

Par contre, selon d'autres auteurs, la rétention journalière de protéines demeure constante entre le 60^e et le 180^e jour de vie : elle serait de 100 à 110 g par jour selon MOLLGAARD (1955) ou de 90 g par jour selon OSLAGE (1962).

Les deux types d'évolution précédents se retrouvent dans nos résultats selon le niveau d'ingestion d'azote. Ainsi, dans le cas du régime à 8 p. 100 de protéines, la rétention azotée suit l'allure parabolique décrite par JESPERSEN : le dépôt maximum journalier de protéines est du même ordre (95 g) pour un poids vif de 65 kg (à 165 jours d'âge). Si l'on considère le régime à 12 p. 100 de protéines, le dépôt journalier de protéines est pratiquement constant (113 g) entre 30 et 100 kg. Au taux supérieur (16 p. 100) l'évolution est différente : la quantité de protéines retenue par jour est maximum dès les 3 premières semaines (136 g), correspondant au poids de 30-35 kg (à 120 jours d'âge), et diminue progressivement jusqu'à 102 g au cours des 3 dernières semaines ; l'évolution est alors celle observée par HENCKEN et FREESE pour des porcs à croissance rapide. On peut ainsi considérer qu'à chaque niveau d'ingestion d'azote la rétention azotée suit une évolution parabolique, la valeur maximum étant d'autant plus grande et atteinte d'autant plus rapidement que le niveau d'ingestion est lui-même plus élevé.

3) *Utilisation digestive et métabolique de l'azote*

L'utilisation de la fraction azotée varie avec l'âge et le taux azoté.

a) *Utilisation digestive.*

Le coefficient de digestibilité apparent des matières azotées est pratiquement le même entre 12 et 16 p. 100 de protéines, mais diminue d'une manière sensible lorsque le taux protidique s'abaisse à 8 p. 100. Cela est dû à la part accrue de l'azote endogène dans les fèces lorsque diminue l'ingéré azoté. Il est probable qu'il n'y aurait aucune modification si l'on se référait au CUD réel. PELLET (1957) note également une amélioration de la digestibilité de l'azote lorsque le taux azoté augmente depuis un niveau très bas. D'autres auteurs (LASSITER et *al.*, 1956, KURYVIAL et BOWLAND, 1962) ne constatent aucune modification du CUD de l'azote lorsque le taux azoté varie dans les limites habituelles.

b) *Utilisation métabolique.*

Lorsqu'on considère l'évolution du coefficient de rétention azotée avec l'âge, on s'aperçoit que, pendant les 3 premières semaines, il est pratiquement le même pour les 3 taux azotés ; au cours des périodes suivantes, il est d'autant plus élevé que le taux azoté est plus faible. Cela indique qu'au début de la croissance, il existe une relation linéaire entre l'azote retenu et l'azote absorbé aux 3 niveaux considérés, mais qu'ensuite il se produit un gaspillage d'azote d'autant plus important que le taux azoté est plus élevé.

Ces faits sont en accord avec les données de COLOMBUS (1950), ARMSTRONG et MITCHELL (1955) et HÖLLER (1959) : au-dessus d'un certain taux d'azote dans la ration, le coefficient de rétention diminue en raison d'un gaspillage accru d'azote ; en dessous de ce taux, par contre, il existe une relation linéaire entre azote retenu et azote absorbé. En outre, l'efficacité azotée diminue avec l'âge (BOWLAND et KURYVIAL, 1961 ; KURYVIAL et BOWLAND, 1962 ; BELL et LOOSLI, 1951 ; OSLAGE, 1962).

CONCLUSION

En définitive, lorsqu'on administre à des porcs entre 20 et 90 kg des régimes semi-synthétiques renfermant de la farine de poisson en proportions variables, d'un lot à l'autre ou d'une période à l'autre pour un même lot, on s'aperçoit que le régime le plus avantageux du point de vue de la vitesse de croissance et de la rétention azotée est celui qui renferme 16 p. 100 de matières azotées entre 20 et 45 kg de poids vif, 14 p. 100 entre 45 et 68 kg et 12 p. 100 entre 68 et 90 kg, soit respectivement 115, 100 et 85 g de matières azotées digestibles par unité fourragère. Les valeurs ainsi obtenues sont plus faibles que celles indiquées par les normes américaines (N. R. C.) ou françaises, du fait de l'utilisation d'une source azotée de valeur biologique plus élevée. Ceci met en évidence la nécessité de déterminer le besoin azoté global à partir d'une protéine de référence, d'origine et de composition connues ; plus précisément, il conviendrait de substituer à la notion classique du besoin azoté quantitatif celle du besoin en acides aminés indispensables.

Reçu pour publication en décembre 1963.

SUMMARY

THE PROTEIN REQUIREMENTS OF THE GROWING PIG I — THE UTILIZATION OF FISH MEAL AT THREE DIFFERENT LEVELS

Three experiments were designed to study the protein needs of the growing pig ; three levels of herring meal, of known origin and composition (table 2) were included in semi-synthetic diets, with 5 p. 100 peanut oil, 5 p. 100 wood cellulose, mineral and vitamin premixes, and various levels of corn starch, as to make 1,20 Scandinavian Food unit. (UF) per kg. The criteria under investigation were growth rate, feed efficiency, nitrogen retention and carcass characteristics.

In the first experiment (A), three lots of 11 *Large White* pigs were made according to litter, sex and initial weight and were given, from 20 to 90 kg live weight, 21,6 — 16,2 and 10,8 per cent fish meal in the diet, viz 16,12 and 8 p. cent crude protein respectively. The same study was conducted with three lots of 4 pigs in metabolism cages, from 30 to 90 100 kg live weight, during 12 weeks (experiment a), in order to study the nitrogen retention, as affected by age and dietary level. In the third experiment (B) three lots of 10 pigs were given, during three successive periods : 20-45 kg live weight, 45-68 kg and 68-90 kg, decreasing levels of protein, respectively 16 — 14 — 10, 12 — 10,5 — 7 and 8 — 7 — 5 p. 100 for the three groups. In experiments A et B, the pigs were fed semi *ad libitum* (3 short diets per day), in individual pens. In the nitrogen balance trial (experiment a), they were paired-fed according to MITCHELL.

From the data on growth, feed consumption and efficiency (tables 3 and 4), nitrogen retention (tables 5 to 8), and body composition (table 10) it appears that the optimum level of fish meal protein is 16 p. 100 between 20 and 45 kg, 14 p. 100 between 45 and 68 kg and 12 p. 100 between 68 and 90 kg, or 115, 100 and 85 g digestible protein per UF respectively. These findings are lower than the N. R. C. or french recommendations (table II) but are similar to the danish recommendations : these discrepancies are due to differences in the biological value of the protein used. That means that one must attach a real significance to the protein need, only if it is expressed as a quantity or a percentage of a reference protein, which shows a good growth promoting value; further more, rather than the protein need as such, the amino acid needs would have to be determined.

The nitrogen retention was found to vary with the body weight and the dietary level. For each level of nitrogen ingested, the quantity of nitrogen retained in the body follows a parabolic curve (table 9 and figure 2); the higher the level of nitrogen intake, the higher the maximum retention and the more rapidly it is attained.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ABERNATHY R. P., SEWELL R. F., TARPLEY R. L., 1958. Interrelationships of protein, lysine and energy in diets of growing swine. *J. Anim. Sci.*, **17**, 635-639.
- ARMSBY H. P., 1922. *The nutrition of farm animals*, 743 pp. The Macmillan Co, New York.
- ARMSTRONG D. G., MITCHELL H. H., 1955. Protein nutrition and the utilization of dietary protein at different levels of intake by growing swine. *J. Anim. Sci.*, **14**, 49-68.
- ASHTON C. G., et al., 1955. Different protein levels with and without antibiotics for growing-finishing swine : effect on carcass leanness. *J. Anim. Sci.*, **14**, 82-93.
- AUNAN W. J., HANSON L. E., MEADE R. J., 1961. Influence of level of dietary protein on live weight gains and carcass characteristics of swine. *J. Anim. Sci.*, **20**, 148-153.
- AXELSSON J., 1941. Das protein optimum und die Futtermittelbewertung der schweine. *Bierderm. Zbl. [B] Tierernähr.* **13**, 376-398.
- BARNES R. H., BOSSHARDT D. K., 1946. The evaluation of protein quality in the normal animal. *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, **47**, 273-294.
- BEACOM S. E., 1959. Chlortetracycline and protein level in rations for market hogs. I. Effect on rate of gain and efficiency of food utilization. II. Effect on carcass quality. *Can. J. Anim. Sci.*, **39**, 71-83.
- BECKER D. E., ULLREY D. E., TERRILL S. W., 1954. Protein and amino acid intake for optimum growth rate in the young pig. *J. Anim. Sci.*, **13**, 346-356.
- BECKER D. E., et al., 1955. The tryptophan requirement of the young pig. *J. Anim. Sci.*, **14**, 664-673.
- BELL J. M., LOOSLI J. K., 1951. Effect of body weight on the biological value of proteins for growing swine. *J. Anim. Sci.*, **10**, 50-56.
- BOWLAND J. P., BERG R. T., 1959. Influence of strain and sex on the relationship of protein to energy in the rations of growing and finishing bacon pigs. *Can. J. Anim. Sci.*, **39**, 102-114.
- BOWLAND J. P., KURYVIAL M. S., 1961. Fat and protein relationships in ration of growing-finishing bacon pigs. *J. Anim. Sci.*, **20**, 681 (Abstr.).
- BRAUDE R., 1958. Feeding standards for growing-fattening pigs. *Scientific principles of feeding farm livestock*. Farmer and Stock breeder, Publ. Ltd, London.
- BURNSIDE J. E., et al., 1954. The influence of crystalline aureomycine and vitamin B₁₂ on the protein utilization of growing-fattening swine. *J. Anim. Sci.*, **13**, 184-200.
- CARROLL W. E., et al 1935. Protein in the ration influences composition of pork. *Ann. Report III. Agric. Exp. Sta.*, pp. 93.
- CARROLL W. E., BURROUGHS W., 1939. An attempt to locate the most advantageous percentage of protein in the ration of growing-fattening pigs at different weights. *Proc. Amer. Soc. Anim. Prod.*, 132-136.
- CATRON D. V., et al., 1952. Re-evaluation of protein requirements growing-fattening swine as influenced by feeding an antibiotic. *J. Anim. Sci.*, **2**, 221-232.

- CLARK A. J., WAGNER G. R., HAYS V. W., Mc CALL J. T., SPEER V. C., 1961. Effect of energy, protein levels and amino acid supplementation of swine rations on carcass quality. *J. Anim. Sci.*, **20**, 928, (Abstr.).
- CLAUSEN H., 1963. Das Eiweisz im Futter der Mastschweine. *Föderungsdienst II* (Sundernummer) 35-46.
- CLAWSON A. J., et al., 1962. Influence of energy-protein ratio on performance and carcass characteristics of swine. *J. Anim. Sci.*, **21**, 62-68.
- COLOMBUS A., 1950. Die Variabilität der biologischen Eiweisswertigkeit unter Verschiedenen Bedingungen nach Stoffwechsel-versuchen an wachsenden Schweinen (Fortsetzung und Schlusse). *Arch. Tierernähr.*, **1**, 84-128.
- CRAMPTON E. W., ASHTON G. C., 1942. The feed requirements of market hogs. A tentative feeding standard. *Sci. Agric.*, **22**, 390-400.
- CUNHA T. J., BURNSIDE J. F., EDWARDS H. M., MEADOWS G. B., BENSON R. H., PEARSON A. M., GLASS-COCK R. S., 1950. Effect of animal protein factor on lowering protein need of the pig. *Arch. Biochem. Biophys.*, **25**, 455-457.
- FAUCONNEAU G., PION R., 1963. (*Communication personnelle*.)
- FÉVRIER R., DUMONT B. L., 1957. Auréomycine et lipogenèse chez le Porc. I. Ration pauvre en protéines. *IV^e Congrès Intern. Nutr. Paris, Résumé communications*, 78.
- GILLET T. A., et al., 1962. Effect of dietary protein on carcass composition of swine. *J. Anim. Sci.*, **21**, 980-981 (Abstr.).
- HEINEMAN W. W., et al., 1946. The relation of the amount of thiamine in the ration of the hog to the thiamine and riboflavin content of the tissue. *J. Nutr.*, **31**, 107-125.
- HENCKEN H., FREESE H. H., 1960. Gezielte Fütterung auf Fleischansatz beim Schwein. *Schweinezucht und Schweinemast*, **8**, 61-63.
- HÖFER J. A., et al., 1952. The effect of terramycin on the growth of pigs fed different levels of protein. *J. Anim. Sci.*, **11**, 455-464.
- HÖLLER M., 1959. N-Bilanz-Untersuchungen bei Schweinen bei Vollwertiger und Eiweisz-mangel-Ernährung. *Arch. Tierernähr.*, **9**, 236-250.
- HUDMAN D. B., PEO E. R., 1960. Carcass characteristics of swine as influenced by levels of protein fed on pasture and in dry-lot. *J. Anim. Sci.*, **19**, 943-947.
- HUTCHINSON H. D., et al., 1957. The lysine requirement of the pig from two to six weeks of age. *J. Anim. Sci.*, **16**, 553-557.
- JENSEN A. H., et al., 1955. Different protein levels with and without antibiotics for growing-finishing swine : effect on growth rate and feed efficiency. *J. Anim. Sci.*, **14**, 69-81.
- JENSEN A. H., BECKER D. E., NORTON H. W., TERRILL S. W., 1957. Protein requirements for pigs weaned at two weeks of age. *J. Anim. Sci.*, **16**, 389-395.
- JESPERSEN J., 1952. Übersicht über die Arbeit der Staatlichen Tierzuchtversuchsanstalt in Jahre 1951-52 Kopenhagen 1952. II. Abteilung für Schweineversuche. *Züchtungskunde*, **24**, 229-230.
- JONES A. S., HEPBURN W. R., BOYNE A. W., 1961. The nitrogen metabolism of the young pig. I. Supplemental value of certain amino acids when added to groundnut meal rations. *J. Sci. Fd Agric.*, **12**, 353-362.
- JONES A. S., et al., 1962. The effect of variation of protein level in diets on the performance of young pigs. *Anim. Prod.*, **4**, 185-194.
- KEITH T. B., MILLER R. C., 1939. The protein requirements of the growing pig. *Proc. Am. Soc. Anim. Prod.*, 128-132.
- KEITH T. B., MILLER R. C., 1940. Levels of proteins for pigs. *Penn. State Coll. School. Agric., Bul.*, 401, pp. 21.
- KROPF A. H., et al., 1959. Effect of protein level and quality in swine rations upon growth and carcass development. *J. Anim. Sci.*, **18**, 755-762.
- KRÜGER L., HINRICHSSEN J. K., 1954. Versuche zur Frage der Eiweissgaben, Eiweissformen und Ergänzungsstoffe in der Schweinemast. *Züchtungskunde*, **25**, 141-150.
- KURYVIAL M. S., BOWLAND J. P., BERG H. T., 1962. Supplemental fat as an energy source in the diets of swine and rats. I. Food and energy utilization. *Can. J. Anim. Sci.*, **42**, 25-32.
- KURYVIAL M. S., BOWLAND J. P., 1962. Supplemental fat as an energy source in the diets of swine and rats. II. Energy and nitrogen digestibility, nitrogen retention and carcass fat composition. *Can. J. Anim.*, **42**, 33-41.
- LASSITER J. W., et al., 1955. Protein levels for pigs as studied by growth and self-selection. *J. Anim. Sci.*, **14**, 482-491.
- LASSITER J. W., et al., 1956. Protein levels for pigs as studied by nitrogen balance. *J. Anim. Sci.*, **15**, 392-399.
- LEROY A. M., 1937. *Le Porc*. Hachette, Paris.
- LEROY A. M., FÉVRIER R., 1947. Influence du mode de distribution des repas sur l'utilisation de la nourriture pour le Porc. *Ann. agron.*, **17**, 767-770.
- LEROY A. M., FÉVRIER R., 1949. Influence du nombre des repas sur l'utilisation de la nourriture par le Porc. *Ann. agron.*, **19**, 605-611.
- MEADE R. J., 1956. The influence of protein content of the diet and of chlortetracycline and or vitamin B supplementation upon performance of growing-fattening pigs. *J. Anim. Sci.*, **15**, 297-306.

- MITCHELL H. H., 1930. The paired feeding method : its value and limitations in livestock experimentation. *Proc. Amer. Soc. Anim. Prod.*, 63-73.
- MITCHELL H. H., 1930. Nutritional requirements of weanling pigs-coordination and summary. *Proc. Amer. Soc. Anim. Prod.*, **32**, 152-156.
- MITCHELL H. H., 1943. Biological methods of measuring the protein values of feeds. *J. Anim. Sci.*, 263-277.
- MITCHELL H. H., HAMILTON T. S., 1935. The balancing of rations with respect to protein. *Proc. Amer. Soc. Anim. Prod.*, 241-252.
- MØLLGAARD H., 1955. Den kvantitative vækst-målings metodik. Virkningen af indre og ydre factorer på vækstprocesserne (Méthode de mesure quantitative de la croissance. Influence des facteurs intrinsèques et extrinsèques sur les processus de croissance). *Beretn. Forsøgs-lab.*, **282**.
- MØLLGAARD H., 1955. Analyse des wachstums mittels Differentialgleichungen den Partialprozesse des Synthetischen Stoffwechsels. *Zeitschr. Tierern. Futtermittelk.*, **10**, 1-25.
- National Research Council (N. R. C.), 1959. Nutr. Req. of swine n° 2. Rept. Com. Anim. Res. Coun. Publ. 648, Nat. Acad. Sci. U. S. A.
- OSBORNE T. B., MENDEL L. B., 1917. The relative value of certain proteins and protein concentrates as supplements to corn gluten. *J. Biol. Chem.*, **29**, 69-92.
- OSER B. L., 1951. Method for integrating essential amino acid content in the nutritional evaluation of protein. *J. Am. Dietetic. Ass.*, **27**, 396-402.
- OSLAGE H. J., 1962. Untersuchungen über die Körperzusammensetzung und den Stoffansatz wachsender Mastschweine und ihre Beeinflussung durch die Ernährung. 2. Mitteilung-Körperzusammensetzung und Stoffansatz wachsenden Mastschweine unter den Bedingungen normaler Ernährung. *Z. Tierphysiol. Tierernähr. Futtermittel*, **17**, 357-382.
- PELLETT P. L., 1957. Levels of protein in the diet and apparent nitrogen digestibility in the pig. *Proc. Nutr. Soc.*, **16**, X-XI.
- PEO E. R., et al., 1954. Protein and fat requirements of baby pigs. *J. Anim. Sci.*, **13**, 995 (Abstr.).
- REBER E. F., et al., 1953. The effect of level of protein fed baby pigs. *J. Nutr.*, **50**, 451-458.
- RÉRAT A., 1960. Les antibiotiques dans l'alimentation animale (travaux de la Commission des antibiotiques du C. N. E. R. N. A.). *Ann. Nutr. Alim.*, **15**, 132-140.
- RÉRAT A., 1961. Besoins azotés des porcs. Normes azotées. Signification des normes azotées. *Colloque scientifique sur l'alimentation azotée des animaux domestiques*, Paris.
- RÉRAT A., HENRY Y., (données non publiées).
- RÉRAT A., LOUGNON J., PION R., 1962. Supplémentation d'un régime complexe par la DL-méthionine de synthèse chez le Porc. *Ann. Zootech.*, **11**, 159-172.
- RÉRAT A., LOUGNON J., 1963. Influence des procédés de fabrication, sur la composition et la valeur nutritive des farines de poisson. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, **3**, n° hors-série 1, 71-74.
- ROBISON W. L., 1940. Effect of high protein on pigs. *Proc. Amer. Soc. Anim. Prod.*, 149-153.
- ROBISON W. L., KUNKLE L. E., CAHILL V. R., 1952. The influence or relation of various factors on the yields of pork cuts. *J. Anim. Sci.*, **11**, 752 (Abstr.).
- SEYMOUR E. W., et al., 1962. Effect of protein level and environmental temperature on performance and carcass quality of swine. *J. Anim. Sci.*, **21**, 1013 (Abstr.).
- SMITH H., LUCAS I. A. M., 1957. The early weaning of pigs. III. The influence of protein supply during two stages of growth on the performance of pigs from 9 lb to bacon weight. *J. Agric. Sci.*, **49**, 409-419.
- SNEDECOR G. W., 1956. *Statistical methods*, 534 pp. Iowa State College Press, Ames.
- TERROINE E. F., 1936. *Le Métabolisme de l'azote*. Presses Univ. édit., Paris.
- STEVENSON J. W., DAVEY R. J., HINER R. L., 1960. Some effects of dietary levels of protein and alfalfa meal and of antibiotics supplementation on growth, feed efficiency and carcass characteristics in swine. *J. Anim. Sci.*, **19**, 887-897.
- WAGNER G. R., et al., 1963. Effect of protein-energy relationships on the performance and carcass quality of growing swine. *J. Anim. Sci.*, **22**, 202-208.
- WAHLSTON R. C., 1954. The effect of penicillin and B-vitamins on the growth of pigs fed different levels of protein. *J. Anim. Sci.*, **13**, 918-926.
- WALLACE H. D., et al., 1954. The influence of aureomycin on the protein requirement and carcass characteristics of swine. *J. Anim. Sci.*, **13**, 177-183.
- WENIGER J. H., 1955. Untersuchungen über den Nährstoff-und energieansatz verschiedener Schweinerassen in Hinblick auf lebendgewicht, Tageszunahme und Ernährung. *Archiv. Tierernähr.*, **4**, 293-331.
- WILSON S. D., et al., 1953. Pork carcass value as affected by protein level and supplementation with aureomycin and vitamin B₁₂. *J. Anim. Sci.*, **12**, 291-296.
- WOODMAN H. E., EVANS R. E., TURPITT W. G., 1937. The nutrition of the bacon pig. 2. The influence of high-protein intake on protein and mineral metabolism. *J. Agric. Sci.*, **27**, 569-583.
- WOODMAN H. E., EVANS R. E., 1948. Nutrition of the bacon pig. XIII. The minimum level of protein intake consistent with maximum rate of growth (Part V). *J. Agric. Sci.*, **38**, 354-365.