

SUPPLÉMENTATION D'UN RÉGIME COMPLEXE PAR LA DL MÉTHIONINE DE SYNTHÈSE, CHEZ LE PORC

A. RÉRAT, J. LOUGNON et R. PION

Avec la collaboration technique de E. ENGRAND et F. MARTINAT

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

SOMMAIRE

I. — L'addition de 1, 5 p. 1 000 de DL méthionine à un régime de base complexe (composition : 78 p. 100 d'orge — 4 p. 100 de tourteau d'arachide — 4 p. 100 de tourteau de soja — 3 p. 100 de farine de luzerne — 4 p. 100 de levure de distillerie — 2 p. 100 de farine de poisson — 2 p. 100 de farine de viande — 3 p. 100 de mélange minéral et vitaminique) contenant 0,5 p. 100 à 0,6 p. 100 d'acides aminés soufrés et 0,8 p. 100 de lysine, se traduit par une amélioration de la vitesse de croissance (24 p. 100) et de l'indice de consommation (8 p. 100) pour les animaux pesant entre 20 et 60 kg. Cette amélioration est réduite chez les animaux de poids supérieur à 60 kg. L'amélioration de croissance peut être attribuée à une consommation journalière accrue et à un meilleur équilibre entre acides aminés. La composition corporelle des animaux n'est pas modifiée, ce qui signifie que les rétentions azotée et calorique ont subi des évolutions semblables.

II. — L'addition de 3 p. 1 000 de DL méthionine se traduit par une amélioration beaucoup moins sensible des performances des animaux (augmentation de 12 p. 100 de la vitesse de croissance, diminution de 4 p. 100 de l'indice de consommation) pendant la première période de croissance (20 à 60 kg). Tout se passe alors comme si un tel apport de méthionine était une source de déséquilibre.

III. — Compte tenu du fait que les acides aminés soufrés sont les facteurs limitants de ce régime, le besoin en ces acides aminés a pu être estimé. Dans nos conditions expérimentales, leur pourcentage optimum dans le régime est de l'ordre de 0,6 à 0,7 p. 100 pour les animaux de 20 à 60 kg et de 0,4 à 0,5 p. 100 pour les animaux de 60 à 100 kg.

IV. — L'utilisation pour l'alimentation des porcs d'un régime dont le taux azoté répond aux normes recommandées par divers organismes scientifiques (Fédération Européenne de Zootechnie, National Research Council) ne permet pas toujours de couvrir le besoin en certains acides aminés.

INTRODUCTION

L'obtention, par synthèse ou par extraction, de certains acides aminés à une échelle industrielle et l'abaissement corrélatif de leur prix de revient permet actuellement de reconsidérer le problème des suppléments en alimentation animale. Aux suppléments interprotéiques utilisés dans la pratique zootechnique, la tendance actuelle est de substituer une supplémentation par un ou plusieurs acides aminés de synthèse.

Cette tendance se traduit, en aviculture, par l'introduction presque systématique de méthionine dans les régimes, introduction d'autant plus justifiée que le besoin en acides aminés soufrés est particulièrement élevé chez les volailles. Pour le Porc, le problème se pose en termes différents en raison de l'incertitude où l'on est sur le niveau exact du besoin en acides aminés indispensables, malgré les nombreux travaux exécutés à ce sujet (ALMQUIST, 1959). L'expérience faisant l'objet du présent article avait pour but de préciser dans quelle mesure un régime à teneur en protéines conforme aux normes recommandées par différents organismes scientifiques (National Research Council, Fédération Européenne de Zootechnie) était capable de couvrir le besoin spécifique en aminoacides du Porc en croissance.

MATÉRIEL, ET MÉTHODES

Animaux et régimes :

Trois lots de 12 porcs de race Large White provenant de 12 portées différentes sont constitués suivant le dispositif des blocs complets (SNEDECOR, 1961) ; au sein d'une même portée, trois animaux sont choisis de même sexe et de même poids au sevrage et sont répartis dans chacun des trois lots.

TABLEAU I
Composition du régime de base (en p. 100)

Poids des animaux	I 20-60 kg	II 60-100 kg
Orge	76	78
Tourteau d'arachide	4	3
Tourteau de soja cuit	4	3
Farine de luzerne	3	5
Levure de distillerie	4	2
Farine de poisson	2	—
Farine de viande	2	2
Mélange minéral (1)	3	3
Prémélange vitaminique (2)	4	4
Matières azotées totales (p. 100)	17	15

(1) *Mélange minéral :*

Chlorure de potassium	12,4
Chlorure de sodium	23,8
Carbonate de magnésium	15,0
Phosphate potassique	10,1
Sulfate ferreux, heptahydraté	5,47
Sulfate de manganèse, monohydraté	0,047
Sulfate de cuivre, pentahydraté	0,035
Oxyde de zinc	0,028
Sulfate de cobalt, heptahydraté	0,066
Iodure de potassium	0,400
Phosphate bicalcique	32,654

(2) *Mélange vitaminique à base d'orge apportant :*

	Par kg de régime
Vitamine A	5 000 U. I.
Vitamine D	500 U. I.
Riboflavine	2 mg
Acide pantothénique	5 mg
Vitamine B ₁₂	0,010 mg
Choline	1 000 mg

Les régimes distribués en alimentation *semi ad libitum* entre le sevrage et le poids de 100 kg sont les suivants :

- Régime A : régime de base conforme aux « normes » azotées de la Fédération Européenne de Zootechnie :
 - Aliment I : 17 p. 100 de matières azotées brutes pour les animaux entre 20 et 60 kg.
 - Aliment II : 15 p. 100 de matières azotées brutes pour les animaux de poids supérieur à 60 kg ⁽¹⁾ (tableau 1).
- Régimes B et C : régime de base additionné respectivement de 1,5 p. 1 000 et 3,0 p. 1 000 de DL méthionine.

Au cours de leur croissance, les animaux sont pesés à intervalles réguliers (tous les 14 jours). Les quantités journalières de nourriture consommées sont enregistrées.

Après abattage, diverses mesures sont effectuées sur les carcasses (notamment détermination de l'épaisseur du lard dorsal et du rapport « morceaux maigres » aux « morceaux gras »).

Méthodes analytiques :

Les techniques qui suivent ont été utilisées pour analyser les régimes :

- Matières azotées totales : méthode de KJELDAHL.
- Matières cellulosiques : méthode dérivée de la méthode dite de la Station agronomique de WEEDE (VAN ENTWISTLE et HUNTER, 1949, HUNTER, 1948).
- Matières minérales (cendres) : calcination au four à 550°C pendant 6 heures.
- Matières grasses : méthode normalisée de l'Institut professionnel de Contrôle et Recherches Scientifiques des Industries de l'Alimentation Animale : extraction simple par l'éther éthylique au soxhlet pendant 4 heures, puis 2 heures, après mélange avec sulfate de sodium anhydre.
- Acides aminés :
 - Hydrolyse : on utilise l'acide chlorhydrique 6 N chauffé à reflux au bain d'huile (125°C), ce qui assure une ébullition très douce. 500 ml d'acide sont utilisés pour hydrolyser 200 mg d'aliment. Les hydrolysats sont concentrés sous vide à l'évaporateur rotatif (source chaude à 38-40°C, source froide à — 15 — 20°C.
 - Séparation et dosage : les acides aminés libérés par hydrolyse acide sont séparés par chromatographie sur colonne selon MOORE et *al.*(1958). Les fractions obtenues sont analysées par la méthode de MOORE et STEIN (1954) en utilisant 1 ml de réactif pour des fractions de 1,1 ml.
- Méthionine surajoutée : — extraction selon la méthode de ROHDENBERG et ROSENBERG (1956).
 - dosage microbiologique (THULLIER et *al.*, 1954).

L'analyse statistique des résultats est opérée en utilisant le test de TUKEY (LISON, 1958).

RÉSULTATS

1° COMPOSITION CHIMIQUE DES RÉGIMES

Elle est rapportée dans le tableau 2. Le tableau 3 concerne la composition en aminoacides ; l'analyse n'a porté que sur l'aliment utilisé au cours de la deuxième période expérimentale (60-100 kg de poids vif). Pour chacun des aliments, les teneurs en acides aminés ont, en outre, été calculées en utilisant soit des résultats d'analyse chromatographique (méthode de MOORE et STEIN) obtenus dans ce laboratoire (orge, arachide, soja, farine de hareng de Norvège, luzerne), soit des données de la littérature, résultats de dosages chromatographiques : farine de viande (FASTOE et LONG, 1960), ou microbiologiques : levure de distillerie (HORN et *al.*, 1946 *a, b*, 1947 *a, b, c* ; 1948 *a, b, c* ; 1949 *a, b*, — STOCKES et *al.*, 1945 — LYMAN et *al.*, 1956, 1958 — WILLIAMS, 1955).

(1) Soit respectivement 140 g et 120 g de matières azotées digestibles par unité fourragère.

TABLEAU 2
Composition chimique des régimes

	Animaux de 20 à 60 kg	Animaux de 60 à 100 kg
Humidité	12,7	12,8
Matière sèche	87,3	87,2
Matières minérales	5,9	4,8
Matières cellulosiques	5,1	5,6
Matières azotées totales (N × 6,25)	17,6	15,1
Matières grasses	5,3	2,1
Extractif non azoté	53,3	59,6
Unités fourragères pour 100 kg	101	94

TABLEAU 3
Composition des régimes en aminoacides indispensables

	Régime de base pour les animaux de 20 à 60 kg		Régime de base pour les animaux de 60 à 100 kg			
	Teneurs calculées		Teneurs calculées		Teneurs dosées	
	p. 100 de l'aliment	p. 100 des matières azotées	p. 100 de l'aliment	p. 100 des matières azotées	p. 100 des matières azotées	p. 100 des valeurs calculées
Arginine	1,06	6,0	0,90	5,9	6,0	103
Histidine	0,35	2,0	0,30	2,0	2,1	105
Isoleucine	0,70	4,0	0,59	3,9	3,5	89
Leucine	1,22	6,9	1,05	6,9	7,0	101
Lysine	0,81	4,5	0,63	4,15	4,05	98
Méthionine	0,24	1,4	0,20	1,4	1,1	80
Cystine	0,36	2,0	0,34	2,2	1,7	78
Phénylalanine	0,79	4,4	0,70	4,6	4,55	100
Tyrosine	0,57	3,2	0,49	3,2	3,1	97
Thréonine	0,65	3,7	0,54	3,6	3,3	93
Tryptophane (1)	0,21	1,2	0,16	1,1	—	—
Valine	0,92	5,5	0,85	5,5	4,7	85
Méthionine + cystine	0,60	3,4	0,54	3,5	2,8	80

(1) D'après ORR et WATT (1957).

Il y a un bon accord entre les calculs et les résultats de dosage pour la plupart des acides aminés. L'écart constaté pour la valine (18 p. 100) et l'isoleucine (12 p. 100) peut avoir deux explications : l'hydrolyse acide en 24 heures utilisée pour les dosages chromatographiques ne permet pas leur libération complète et les résultats des dosages microbiologiques sont souvent élevés pour ces deux acides aminés. Le chiffre obtenu par le calcul doit être assez voisin de la réalité dans le cas de l'isoleucine, tandis que la teneur en valine doit être intermédiaire entre les deux valeurs obtenues. Un écart important est également observé entre résultats de dosage et résultats de calcul dans le cas des acides aminés soufrés. Cet écart peut être dû à la difficulté du dosage

microbiologique de ces acides aminés (cystine notamment) et à la variabilité de la teneur en cystine de certains produits (orge en particulier). Les chiffres obtenus par le dosage de l'aliment sont certainement les plus valables : les calculs semblent donc surestimer les teneurs en acides aminés soufrés.

La comparaison des teneurs en acides aminés du régime témoin A avec celles des protéines d'œuf (résultats de dosage chromatographique obtenus dans ce laboratoire), considérées comme protéines de référence par MITCHELL et BLOCK (1946) permet de mettre en évidence un certain nombre de déficits (tableau 4). Pour l'aliment I correspondant à la première période, les déficits les plus importants concernent les acides aminés soufrés (-43) (méthionine : -58 ; cystine : -23) et la lysine (-36). Si l'on tient compte de la surestimation probable des teneurs en aminoacides soufrés due au mode de calcul, leur déficit est plus accentué et serait supérieur à 50 p. 100. Le déficit primaire de l'aliment de la seconde période (60 à 100 kg) porte sur les acides aminés soufrés (-52) et le déficit secondaire concerne la lysine (-42).

TABLEAU 4
*Pourcentage de déficit des aminoacides indispensables des régimes témoins
par rapport aux protéines d'œuf*

	Teneurs en aminoacides des protéines d'œuf ⁽¹⁾	Pourcentage de déficit		
		D'après les teneurs calculées		D'après les teneurs dosées dans l'aliment II (animaux de 60 à 100 kg)
		dans l'aliment I (animaux de 20 à 60 kg)	dans l'aliment II (animaux de 60 à 100 kg)	
Arginine	6,4	7	8	6
Histidine	2,6	24	23	19
Isoleucine	5,5	28	29	37
Leucine	8,5	19	19	24
Lysine	7,1	36	42	43
Méthionine	3,3	56,5	61	67
Cystine	2,6	23	15	33,5
Phénylalanine	4,85	9	6	6
Tyrosine	3,80	16	15	18
Thréonine	4,80	24	26	31
Tryptophane	1,65	28	35	—
Valine	7,0	22	21	33
Méthionine + cystine ...	5,9	43	40	52

(¹) Résultats d'analyse chromatographique (PION, 1961), sauf en ce qui concerne le tryptophane (ORR et WATT, 1957).

Les données concernant le pourcentage de déficit des acides aminés soufrés par rapport aux protéines d'œuf dans les régimes B et C sont rapportées dans le Tableau 5. L'addition de 1,5 p. 1000 de DL méthionine au régime de base de la période I réduit le déficit en acides aminés soufrés, si l'on tient compte de la surestimation de leurs teneurs, à un niveau qui correspond approximativement au niveau du facteur limitant secondaire ; cette même addition fait apparaître la lysine comme facteur limitant primaire pour l'aliment de la deuxième période. L'addition de 3 p. 1 000 de DL méthionine au régime de base comble pratiquement le déficit de méthionine par rap-

port aux protéines d'œuf, le déficit global en aminoacides soufrés étant lui-même d'importance minime. Les contrôles effectués sur les régimes B et C ont permis de retrouver quantitativement les doses ajoutées.

TABLEAU 5
Pourcentage de déficit des aminoacides soufrés dans les régimes B et C

	Aliment I (animaux de 20 à 60 kg)		Aliment II (animaux de 60 à 100 kg)	
	D'après les teneurs calculées	D'après les teneurs calculées	D'après les teneurs calculées	D'après les teneurs dosées
1° Régime B (addition de 1,5 p. 1 000 de DL méthionine) :				
Méthionine	33	31	37	
Cystine	23	15	33	
Méthionine + cystine	29	24	35	
2° Régime C (addition de 3 p. 1 000 de DL méthionine) :				
Méthionine	8	1	7	
Cystine	23	15	33	
Méthionine + cystine	14	7	19	

2° CROISSANCE ET CONSOMMATION

En raison de la modification de composition de l'aliment lorsque les animaux atteignent 60 kg de poids vif, les données concernant la croissance et la consommation

TABLEAU 6
Croissance et consommation (résultats moyens) pendant la période de croissance entre 20 et 60 kg

Lot	A	B	C	Plus petite différence significative	
	Régime de base (R. B.)	R. B. + 1,5‰ DL méthionine	R. B. + 3‰ DL méthionine	P 0,05	P 0,01
Nombre d'animaux	12	12	12		
Poids initial (kg)	24,2	24,2	23,7		
Poids final (kg)	59,3	59,6	59,8		
Gain de poids (kg)	35,1	35,4	36,1		
Durée (j)	68	55	62		
Gain moyen quotidien (g).....	526	654	592	64	86
Consommation totale (kg)	114,4	106,9	112,4	—	—
Consommation journalière (kg) ...	1,70	1,96	1,84	0,17	0,23
Indice de consommation (1) kg ...	3,25	2,99	3,12	0,16	0,22
Coefficient d'efficacité protidique (2) .	1,82	1,96	1,89	0,10	0,13

(1) Indice de consommation : $\frac{\text{quantité de nourriture ingérée (kg)}}{\text{gain de poids (kg)}}$

(2) Coefficient d'efficacité protidique : $\frac{\text{gain de poids (kg)}}{\text{quantité de protéines ingérées (kg)}}$

ont été divisées en deux périodes : elles figurent dans les tableaux 6 et 8. Les résultats concernant l'ensemble de la croissance sont rapportés dans le tableau 9.

a) *Croissance de 20 à 60 kg :*

Entre 20 et 60 kg de poids vif (tableau 6), l'incorporation de DL méthionine au régime de base a des effets bénéfiques sur les performances des animaux.

L'addition de 1,5 p. 1 000 de DL méthionine a pour conséquence une amélioration hautement significative de la vitesse de croissance (24 p. 100 par rapport au lot témoin), une augmentation hautement significative de la consommation (15 p. 100) et une abaissement hautement significatif de l'indice de consommation. C'est surtout au cours du premier mois d'expérience que l'action de la méthionine a été la plus marquée (tableau 7).

TABLEAU 7

Croissance durant les deux premiers mois

Lot	0-28 j			28-56 j		
	Poids initial (kg)	Poids final (kg)	Gain moyen quotidien (g)	Poids initial (kg)	Poids final (kg)	Gain moyen quotidien (g)
A	24,2	34,6	371 (100) ⁽¹⁾	34,6	50,8	579 (100) ⁽¹⁾
B	24,2	39,9	561 (151) ⁽¹⁾	39,9	59,7	707 (122) ⁽¹⁾
C	23,7	37,6	496 (134) ⁽¹⁾	37,6	55,4	632 (109) ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Les chiffres placés entre parenthèses indiquent les gains de poids relatifs des lots B et C par rapport au témoin (100).

L'effet d'une addition de 3 p. 1 000 de DL méthionine est beaucoup moins sensible : si l'amélioration de croissance (12 p. 100 par rapport au lot témoin) est encore significative, l'augmentation de consommation journalière (8 p. 100) ne l'est plus ; il en est de même pour l'abaissement de l'indice de consommation (4 p. 100).

Par rapport aux animaux recevant le régime contenant 1,5 p. 1 000 de DL méthionine, ceux recevant le régime à 3 p. 1 000 de cet acide aminé présentent une croissance abaissée (de 9 p. 100) et une consommation diminuée.

b) *Croissance de 60 à 100 kg (tableau 8) :*

Entre 60 et 100 kg de poids vif, les différences entre animaux des divers lots s'estompent ou s'annulent. La vitesse de croissance des animaux du lot B et leur consommation sont légèrement supérieures à celles des animaux des autres lots, mais la différence n'est pas significative.

TABLEAU 8

*Croissance et consommation (résultats moyens)
pendant la période de croissance entre 60 et 100 kg*

Lot	A	B	C	Plus petite différence significative	
Régime	Régime de base (R. B.)	R. B. + 1,5 ‰ DL méthionine	R. B. + 3 ‰ DL méthionine	P 0,05	
Poids initial (kg)	59,3	59,6	59,8		
Poids final (kg)	99,3	99,0	99,2		
Gain de poids (kg)	40	39,4	39,3		
Durée d'engraissement (j)	53	49	52		
Gain moyen quotidien (g)	763	802	777	81	
Consommation totale (kg)	158,1	155,6	153,6	—	
Consommation journalière (kg)	3,01	3,16	3,01	0,26	
Indice de consommation ⁽¹⁾ (kg)	3,97	3,96	3,89	0,39	
Coefficient d'efficacité protidique ⁽²⁾	1,69	1,69	1,72	0,11	

⁽¹⁾ Indice de consommation : $\frac{\text{quantité de nourriture ingérée (kg)}}{\text{gain de poids (kg)}}$

⁽²⁾ Coefficient d'efficacité protidique : $\frac{\text{gain de poids (kg)}}{\text{quantité de protéines ingérées (kg)}}$

c) *Croissance de 20 à 100 kg :*

L'addition de DL méthionine au régime de base a, dans les deux cas, eu des effets favorables sur les performances des animaux, l'amélioration la plus notable étant

TABLEAU 9

Résultats moyens concernant la croissance et la consommation (animaux de 20 à 100 kg)

Lot	A	B	C	Plus petite différence significative	
Régime	Régime de base (R. B.)	R. B. + 1,5 ‰ DL méthionine	R. B. + 3 ‰ DL méthionine	P 0,05	P 0,01
Nombre d'animaux	12	12	12		
Poids initial (kg)	24,2	24,2	23,7		
Poids final (kg)	99,3	99,0	99,2		
Gain de poids (kg)	75,2	74,2	75,5		
Durée d'engraissement (j)	121	104	114		
Gain moyen quotidien (g)	624	719	673	47	63
Consommation totale (kg)	272,5	262,5	266,1	—	
Consommation journalière (kg)	2,26	2,52	2,36	0,13	0,18
Indice de consommation ⁽¹⁾	3,62	3,51	3,52	0,18	0,24
Coefficient d'efficacité protidique ⁽²⁾	1,74	1,81	1,79	0,08	0,11

⁽¹⁾ Indice de consommation : $\frac{\text{quantité de nourriture ingérée (kg)}}{\text{gain de poids (kg)}}$

⁽²⁾ Coefficient d'efficacité protidique : $\frac{\text{gain de poids (kg)}}{\text{quantité de protéines ingérées (kg)}}$

enregistrée pour la plus faible dose administrée (lot B). La vitesse de croissance est accrue dans des proportions importantes (15 p. 100 pour le lot B, 8 p. 100 pour le lot C), les différences enregistrées étant significatives. L'ingestion journalière de nourriture est plus importante lorsque la méthionine est incorporée au régime (augmentation significative pour le lot B). L'indice de consommation n'est que faiblement amélioré par la présence de méthionine. Il en est de même du coefficient d'efficacité protidique.

3° COMPOSITION CORPORELLE

Les résultats concernant les mensurations effectuées sur les carcasses sont rapportés dans le tableau 10.

TABLEAU 10

Données relatives à la composition corporelle

Lot	A	B	C
Régime	Régime de base (R. B.)	R. B. + 1,5 ‰ DL méthionine	R. B. + 3 ‰ DL méthionine
Rendement : $\frac{\text{poids net}}{\text{poids vif}} \times 100 \dots$	71,63	71,66	71,63
$\frac{\text{Jambon} + \text{Longe}}{\text{poids net}} \times 100 \dots$	50,11	50,40	50,38
$\frac{\text{Gras} + \text{Panne}}{\text{poids net}} \times 100 \dots$	19,55	19,40	19,16
Épaisseur de lard $\frac{(\text{rein} + \text{dos})}{2}$ (mm)	28,6	29,1	30,0

Bien que leur croissance ait été différente, les animaux présentent une composition corporelle invariable d'un lot à l'autre : le pourcentage de « morceaux maigres » (jambon + longe) semble légèrement plus élevé pour les animaux recevant de la méthionine dans leur régime, mais cette différence est loin d'être significative.

DISCUSSION

La méthode de MITCHELL et BLOCK (1946), qui consiste à comparer les teneurs en aminoacides des protéines alimentaires avec celles des protéines d'œuf, considérées comme protéines de référence, présente une valeur prévisionnelle certaine, tant en ce qui concerne la valeur biologique de ces protéines que la nature et l'importance de leurs déficits en aminoacides. MITCHELL (1954) a, en effet, trouvé une relation très étroite ($r = 0,83$) entre la classe chimique des protéines déterminée par cette méthode et leur valeur biologique mesurée *in vivo* chez des animaux en croissance (rat, porc,

chien). La difficulté de l'application de cette méthode réside dans le choix des valeurs à utiliser, tant pour la composition en acides aminés des aliments utilisés, que pour celle des protéines d'œuf. Il semblerait logique d'adopter les valeurs utilisées par MITCHELL et BLOCK (1946) puisque ce sont elles qui ont permis à ces auteurs d'établir une relation entre composition en acides aminés et valeur biologique des protéines. Mais les matières premières utilisées dans nos aliments risquent d'être différentes des produits dont les analyses ont été utilisées par MITCHELL et BLOCK. Le même obstacle s'oppose à l'utilisation des diverses tables (ORR et WATT, 1957 — WILLIAMS, 1955, — BLOCK et WEISS, 1956 — PFANDER et TRIBBLE, 1957). De plus, les méthodes analytiques ont évolué et les résultats obtenus par diverses méthodes ne sont pas toujours comparables. C'est pourquoi, dans la mesure du possible, les résultats d'analyse obtenus à Jouy-en-Josas (PION et de BELSUNCE, 1961) ont servi de base pour les calculs. Toutefois, les produits introduits dans les régimes ne faisaient pas partie des mêmes lots que ceux sur lesquels avaient porté les analyses, ce qui explique en partie les écarts observés pour certains acides aminés entre les teneurs calculées et les teneurs dosées dans l'aliment II. Les pourcentages de déficit obtenus en comparant les valeurs obtenues par dosage de l'aliment II aux teneurs en aminoacides des protéines d'œuf, dosées dans le même laboratoire par la même méthode, devraient être les plus proches de la réalité. En ce qui concerne l'aliment I, on est en droit de penser que sa teneur en acides aminés soufrés est surestimée par le calcul puisque, dans l'aliment II, les chiffres obtenus par dosage sont inférieurs à ceux fournis par le calcul.

En outre, la teneur en cystine est relativement élevée, par rapport à la teneur en méthionine, dans les aliments utilisés et il est possible que les calculs effectués en utilisant la somme méthionine + cystine ne rendent pas exactement compte de la couverture du besoin spécifique en méthionine. Quoi qu'il en soit, les divers modes d'estimation permettent tous de conclure à un déficit en acides aminés soufrés. Seule l'importance de ce déficit est mal connue.

Sur le plan biologique, l'existence d'un déficit dans des protéines alimentaires a des conséquences variables selon le taux d'introduction de ces protéines dans le régime, le problème de la qualité des protéines se ramenant à un problème de quantité (TERROINE, 1952). La question se posait donc de savoir si le taux de protéines présentes dans notre régime de base (régime A) était suffisant ou non pour pallier les effets biologiques dus au déficit primaire en aminoacides soufrés de ces protéines.

En première analyse, bien que ce régime soit conforme aux normes recommandées, son taux en acides aminés soufrés semble insuffisant puisque l'addition de méthionine se traduit par une amélioration de la croissance et de l'indice de consommation. L'accélération de la croissance et l'amélioration de l'indice de consommation (ou du coefficient d'efficacité protidique), lors de l'addition de doses croissantes d'un acide aminé à un régime, sont en effet les critères biologiques généralement adoptés pour montrer que cet acide aminé représente le facteur limitant primaire des protéines de ce régime et pour déterminer le niveau du déficit (ROSENBERG, 1959). Si l'on adopte ce point de vue, la méthionine serait le facteur limitant primaire du régime de base pour la période de 20 à 60 kg, et la dose de méthionine synthétique à incorporer au régime pour ajuster son déficit à celui du facteur limitant secondaire se situerait approximativement à un niveau de 1,5 g/kg de régime. Pour la période de 60 à 100 kg, le déficit de méthionine serait beaucoup moins prononcé puisque

aucune des deux doses ajoutées n'a provoqué d'amélioration significative des performances des animaux.

Pendant, certains points sont sujets à discussion : l'amélioration de la croissance et de l'indice de consommation est accompagnée d'une augmentation du niveau de consommation. Le gain de poids supplémentaire peut donc être justifié au moins partiellement par l'augmentation de la consommation journalière, et la baisse de l'indice de consommation par la diminution relative de la part du besoin d'entretien dans le besoin total. Ces deux critères ne permettent donc pas de conclure de façon formelle à une amélioration de la valeur biologique des protéines. Celle-ci ne pourrait être démontrée qu'à l'aide de techniques permettant de mesurer la rétention azotée chez des animaux consommant la même quantité d'aliment (technique « paired-feeding » de MITCHELL en cage à métabolisme). Toutefois, la qualité des protéines est un des facteurs qui régissent le niveau de consommation (OSBORNE et *al.*, 1919 — ROSENBERG et ROHDENBURG, 1952 — ALBANESE, 1959). En outre, ABRAHAM et *al.* (1961) ont montré, dans des expériences de libre consommation énergétique en présence de quantités constantes de protéines de qualité variable, que lorsque la couverture du besoin azoté n'était pas pleinement assurée, la qualité et la quantité des protéines administrées au rat et au poulet avaient une influence marquée sur le niveau de consommation énergétique ; celui-ci est supérieur si les protéines ingérées sont de bonne qualité. L'augmentation constatée du niveau de consommation peut donc être, elle aussi, une conséquence de l'amélioration de l'équilibre en acides aminés du régime.

Si les résultats obtenus semblent montrer que la méthionine est le facteur limitant primaire des protéines du régime de base utilisé, ils ne permettent pas d'en chiffrer le déficit avec précision. Le taux de supplémentation optimum est certainement inférieur à 3 g/kg de régime, et probablement proche de 1,5 g/kg ; mais il est possible que d'autres taux auraient entraîné une amélioration plus marquée.

Le besoin en acides aminés soufrés ne peut être évalué qu'approximativement à partir de cette expérience, compte tenu de l'imprécision de l'estimation de la teneur en ces acides aminés dans les régimes témoins, et de la dose optimum de méthionine nécessaire pour combler le déficit. Ce besoin se situe entre 0,6 et 0,7 p. 100 d'un régime à 1 U. F./kg pour la période de croissance de 20 à 60 kg, et entre 0,4 et 0,5 p. 100 d'un régime à 0,94 U.F/kg pour la période de croissance de 60 à 100 kg. Aucune conclusion ne peut être tirée sur la part relative de chacun des deux aminoacides dans la couverture du besoin global en acides aminés soufrés.

De toute façon, la valeur obtenue dépend de la façon dont sont couverts les besoins pour les autres acides aminés : elle représente le taux nécessaire à la réalisation de la croissance autorisée par les autres constituants de la ration et en particulier par les autres acides aminés indispensables présents dans le régime. La dose de méthionine permettant la meilleure croissance correspond en fait à la quantité nécessaire pour ramener son déficit au niveau du limitant secondaire. Ceci explique pourquoi le besoin en acides aminés soufrés, tel qu'il a été précisé par SHELTON et *al.* (1951), par CURTIN et *al.* (1952 *a*) et par nous-mêmes, est supérieur aux estimations de divers auteurs (BECKER et *al.*, 1955 — BELL et *al.*, 1955) dont les animaux, à poids égal, ont présenté une croissance inférieure à celle que nous avons enregistrée. Toutefois, cette explication n'est pas valable pour rendre compte de l'écart entre nos valeurs et celles précisées par d'autres auteurs (ACKER et *al.*, 1959 — BECKER et

al, 1954 *a*, 1954 *b* — CATRON *et al.*, 1953 — EVANS, 1958, 1960 *a*, 1960 *b* — MEADE 1956 *a*, 1956 *b* — PFANDER *et TRIBBLE*, 1957). Le désaccord peut s'expliquer ici par le fait que les régimes expérimentaux utilisés par ces auteurs contiennent des antibiotiques qui modifient le métabolisme de la flore intestinale et peuvent ainsi protéger les acides aminés ingérés d'une désamination partielle (FRANÇOIS *et MICHEL*, 1958), ce qui entraîne une action d'épargne vis-à-vis de l'azote du régime (FÉVRIER *et DUMONT*, 1957 — RERAT, 1961). Le besoin en acides aminés est donc probablement plus élevé pour des animaux ne recevant pas d'antibiotiques. Les valeurs que nous avons données sont donc essentiellement valables pour des animaux à haute vitesse de croissance et ne recevant pas d'antibiotique.

L'addition de 3 p. 1 000 de DL méthionine au régime de base provoque des performances moins bonnes chez les animaux recevant ce régime que chez ceux dont le régime est additionné de 1,5 p. 1 000 de DL méthionine. Cette dose de méthionine se comporte donc comme une source de déséquilibre. La notion de déséquilibre par excès, initialement formulée par JACQUOT (1952), est maintenant devenue classique (HARPER, 1956), et de nombreux travaux ont mis en évidence de tels déséquilibres chez le rat, la souris et les volailles. En ce qui concerne le Porc, il ressort des expériences de CLAUSEN (1960-1961) qu'un excès de méthionine se traduit par une dépression de la vitesse de croissance ; ces résultats sont donc en accord avec les nôtres, mais aucune explication satisfaisante de ce phénomène n'a été apportée.

Le fait que la composition corporelle n'ait pas été modifiée de façon significative par l'introduction de méthionine dans le régime de base est intéressant : il montre que la vitesse de croissance n'est pas le seul facteur susceptible de modifier l'adiposité d'une carcasse. Dans ce cas précis, on peut penser que la rétention azotée journalière a été augmentée grâce à l'introduction de méthionine dans le régime, le dépôt supplémentaire d'azote étant dû aussi bien à l'amélioration de la valeur biologique des protéines du régime par la méthionine, qu'à l'augmentation de consommation azotée. Parallèlement, s'est produite une augmentation de la rétention calorique journalière, liée à l'augmentation de la consommation calorique.

Reçu pour publication en juillet 1962

SUMMARY

SUPPLEMENTATION BY DL METHIONINE OF A COMPLEX DIET FOR GROWING FINISHING PIGS

The present experiment was carried in order to know if a complex diet, which meets the recommended standards for nitrogen level, is able to provide the specific requirements for aminoacids of growing finishing pigs. For pigs weighing between twenty and sixty kilograms, the basal diet was made of barley (78 p. 100), peanut oil meal (4 p. 100), soy bean oil meal (4 p. 100), alfalfa meal (3 p. 100), distillers'yeast (4 p. 100), herring meal (2 p. 100), meat meal (2 p. 100), mineral and vitamin mixture (3 p. 100); it contained 17 p. 100 crude protein, 0,8 p. 100 lysine, 0,5 to 0,6 p. 100 sulfur-aminoacids. For pigs above sixty kilograms, it was slightly modified in order to supply 15 p. 100 crude protein.

Thirty six Large White pigs, divided on the basis of ancestry, weight and sex were allotted to three treatments :

- treatment A : basal diet ;
- treatment B : basal diet + 1,5 p. 1 000 DL methionine ;
- treatment C : basal diet + 3 p. 1 000 DL methionine.

They were individually fed. Feeding was semi ad libitum.

The addition of 1,5 p. 1 000 DL methionine to the basal diet improved rate of growth (24 p. 100) and food conversion (8 p. 100) below the weight of sixty kilograms. The facts may be explained by higher consumption level and a better balance between aminoacids. For pigs heavier than sixty kilograms, the improvement was not significant.

The addition of 3 p. 1 000 DL methionine improves but slightly performances of pigs, which can be attributed to aminoacid imbalance. Since sulfuraminoacids are limiting factors of the diet, the level of the needs for these amino acids can be calculated. Their optimum level for high rate of growth is about 0,6 to 0,7 p. 100 of the diet for pigs between twenty to sixty kilograms, and between 0,4 to 0,5 p. 100 of the diet for pigs heavier than sixty kilograms.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ABRAHAM J., CALET C., RERAT A., JACQUOT R., 1961. Solidarité des besoins énergétique et protéique de croissance ; l'ajustement spontané des calories et des protéides. *C. R. Acad. Sci.*, **253**, 2768-2770.
- ACKER D. C., CATRON D. V., HAYS V. W., 1959. Lysine and methionine supplementation of corn-soybean oil meal rations for pigs in drylot. *J. Anim. Sci.*, **18**, 1053-1058.
- ALBANESE A. A., 1959. Criteria of protein nutrition in ALBANESE A. A., *Protein and amino acid nutrition*, 297-347. Acad. Press Ed. N. Y. and London.
- ALMQUIST H. J., 1959. The amino acid requirements of swine in ALBANESE A. A., *Protein and amino acid nutrition*, 349-380. Acad. Press Ed. N. Y. and London.
- BECKER D. E., ULLREY D. E., TERRILL S. W., 1954 a. Protein and amino acid intakes for optimum growth rate in the young pig. *J. Anim. Sci.*, **18**, 346-356.
- BECKER D. E., LASSITER J. W., TERRILL S. W., NORTON H. W., 1954 b. Levels of protein in practical rations for the pig. *J. Anim. Sci.*, **18**, 611-621.
- BECKER D. E., JENSEN A. M., TERRILL S. W., NORTON H. W., 1955. The methionine-cystine need of the young pig. *J. Anim. Sci.*, **14**, 1086-1094.
- BELL J. M., WILLIAMS H. H., LOOSLI J. K., MAYNARD L. A., 1950. The effect of methionine supplementation of a soybean oil meal-purified ration for growing pigs. *J. Nutr.*, **40**, 551-561.
- BLOCK R. J., WEISS K. W., 1956. *Amino acid handbook. Methods and results of protein analysis*. C. C. THOMAS, Springfield, Illinois.
- CATRON D. V., ACKER D. C., ASHTON G. C., MADDOCK H. M., SPEER V. C., 1953. Lysine and/or methionine supplementation of corn-soybean oil meal rations for pigs in drylot. *J. Anim. Sci.*, **12** 910.
- CLAUSEN H., 1961. *Rapport concernant les expériences de reproduction et d'alimentation sur porcs réalisées par le laboratoire de recherches sur l'économie rurale et les abattoirs coopératifs danois* (en danois). Frederiksberg Bogtrykkeri, Copenhagen.
- CURTIN L. V., LOOSLI J. K., WILLMAN J. P., WILLIAMS H. H., 1952 a. Methionine as a supplement to soybean oil meal for weanling pigs. *J. Animal Sci.*, **11**, 459-464.
- CURTIN L. V., LOOSLI J. K., ABRAHAM J., WILLIAMS H. H., MAYNARD L. A., 1952 b. The methionine requirement for the growth of swine. *J. Nutr.*, **43**, 499-508.
- EASTOE J. E., LONG J. E., 1960. The amino acid composition of processed bones and meat. *J. Sci. Food Agric.*, **11**, 87-92.
- EVANS R. E., 1958. Nutrition of the bacon pig, XIX. The requirement of the bacon pig for certain essential amino acids. *J. Agric. Sci.*, **50**, 230-242.
- EVANS R. E., 1960. The effect of adding lysine and methionine to the diet kept on low-protein vegetable foods. *J. Agric. Sci.*, **54**, 266-273.
- EVANS R. J., BANDEMER S. L., BAUER D. H., 1960. Cystine content of proteins, foods and feeds. Comparison of chromatography on a sulfonated polystyrene resin and microbiological methods of determination. *J. Agric. Food. Chem.*, **8**, 383-386.
- FEVRIER R., DUMONT B. L., 1957. Aureomycine et lipogénèse chez le Porc. I-Ration pauvre en protéines *4^e Congrès International de Nutrition*, Paris (résumé des communications, p. 78).
- FRANÇOIS A., MICHEL M., 1958. Activité catabolique de la flore intestinale. *Ann. Nutr. Paris*, **13**, 152-161.
- HARPER A. E., 1956. Amino acid imbalances, toxicities and antagonisms. *Nutr. Rev.*, **14**, 225-227.
- HORN M. J., JONES D. B., BLUM A. E., 1946 a. Colorimetric determination of methionine in proteins and foods. *J. Biol. Chem.*, **166**, 313-320.
- HORN M. J., JONES D. B., BLUM A. E., 1946 b. Microbiological determination of methionine in proteins and foods. *J. Biol. Chem.*, **166**, 321-326.
- HORN M. J., JONES D. B., BLUM A. E., 1947 a. Microbiological determination of lysine in proteins and foods. *J. Biol. Chem.*, **169**, 71-76.
- HORN M. J., JONES D. B., BLUM A. E., 1947 b. Microbiological determination of threonine in proteins and foods. *J. Biol. Chem.*, **169**, 739-743.

- HORN M. J., JONES D. B., BLUM A. E., 1947 *c*. Microbiological determination of valine in proteins and foods. *J. Biol. Chem.*, **170**, 719-723.
- HORN M. J., JONES D. B., BLUM A. E., 1948 *a*. Microbiological determination of histidine in proteins and foods. *J. Biol. Chem.*, **170**, 149-154.
- HORN M. J., JONES D. B., BLUM A. E., 1948 *b*. Microbiological determination of arginine in proteins and foods. *J. Biol. Chem.*, **176**, 59-63.
- HORN M. J., JONES D. B., BLUM A. E., 1948 *c*. Microbiological determination of phenylalanine in proteins and foods. *J. Biol. Chem.*, **176**, 679-684.
- HORN M. J., JONES D. B., BLUM A. E., 1949 *a*. Microbiological determination of leucine in proteins and foods. *J. Biol. Chem.*, **177**, 697-701.
- HORN M. J., JONES D. B., BLUM A. E., 1949 *b*. Microbiological determination of isoleucine in proteins and foods. *J. Biol. Chem.*, **180**, 695-701.
- HUNTER W. L., 1948. Report on crude fiber. *J. Ass. Off. Agric. Chem. Wash.*, **31**, 616.
- JACQUOT R., 1952. Premiers cours pour la formation des nutritionnistes pour l'Afrique au sud du Sahara (O. A. A./O. M. S.), Marseille.
- LISON L., 1958. *Statistique appliquée à la biologie expérimentale. La planification de l'expérience et l'analyse des résultats*. Gauthier-Villars, Paris.
- LYMAN C. M., KUIKEN K. A., HALE F., 1956. Amino acids in feedstuffs; content of farm feeds. *J. Agric. Food Chem.*, **4**, 1008-1013.
- LYMAN C. M., CAME B. J., TILLER H. M., 1958. Amino acids in feedstuffs. The tyrosine content of farm feeds. *J. Agric. Food Chem.*, **6**, 767-769.
- MEADE R. J., 1956 *a*. The influence of tryptophan, methionine and lysine supplementation of a corn-soybean oil meal diet on nitrogen balance of growing swine. *J. Anim. Sci.*, **15**, 288-296.
- MEADE R. J., 1956 *b*. The influence of methionine supplementation of 12, 14 and 16 percent protein corn-soybean oil meal diets upon nitrogen balance of growing swine. *J. Nutr.*, **60**, 599-608.
- MITCHELL H. M., BLOCK R. J., 1946. Some relationships between the amino acid contents of proteins and their nutritive values for the rat. *J. Biol. Chem.*, **163**, 599-620.
- MITCHELL H. M., 1954. Evaluation of protein adequacy. Biological value of proteins and amino acid interrelation in « *Methods for Evaluation of Nutritional Adequacy and Status* ». Washington D. C., National Academy of Science-National Research Council, Advisory Board on Quarter master Research and Development, Committee on foods, p. 313.
- MOORE S., STEIN W. H., 1954. A modified ninhydrin reagent for the photometric determination of amino acids and related compounds. *J. Biol. Chem.*, **211**, 907-913.
- MOORE S., SPACKMAN D. H., STEIN W. H., 1958. Chromatography of amino acids on sulfonated polystyrene resins. An improved system. *Analyt. Chem.*, **30**, 1185-1190.
1959. *Nutr. Req. of Swine. Nutr. Req. of dom. anim.* N° 2. Rept. Com. Animal Nutr. Nat. Res. Coun. publ. 648. Nat. Acad. Sci. U. S. A.
- ORR M. L., WATT B. K., 1957. *Amino acid content of foods*. Home economics Research, Report 4, U. S. D. A., Washington.
- OSBORNE R. B., MENDEL L. B., FERRY E. L., 1919. A method of expressing numerically the growth promoting value of proteins. *J. Biol. Chem.*, **37**, 223.
- PFANDER W. H., TRIBBLE L. F., 1957. Amino acid composition of swine rations and amino acid requirements of weanling pigs. *Bull. Mo. Agric. Exp. Sta.*, Bulletin 626.
- PION R., BELSUNCE (de) C., 1961. (Communication personnelle.)
- RERAT A., 1961. Les antibiotiques en alimentation animale. *Ann. Nutr. Paris.*, **15**, 132-140.
- ROHDENBURG E. L., ROSENBERG H. R., 1956. Estimation and stability of added DL Methionine in mixed feeds. *J. Agric. Food Chem.*, **4**, 872-874.
- ROSENBERG H. R., 1959. Amino acid supplementation of foods and feeds in ALBANESE A. A., *Protein and amino acid nutrition*. Acad. Press ed. N. Y. and London, 381-417.
- ROSENBERG H. R., ROHDENBURG E. L., 1952. The fortification of bread with lysine. 2. The nutritional value of fortified bread. *Arch. Biochem. Biophys.*, **37**, 461-468.
- SHELTON D. C., BEESON W. M., MERTZ E. T., 1951. The effect of Methionine and Cystine on the growth of weanling pigs. *J. Anim. Sci.*, **10**, 57-64.
- SNEDECOR G. W., 1961. *Statistical methods applied to experiments in agriculture and biology*. 5th ed., Iowa State Univ. Press.
- STOKES J. L., GUNNESS M., DWYER I. M., CASWELL M. C., 1945. Microbiological methods for the determination of amino acids. II An uniform assay for the ten essential amino acids. *J. Biol. Chem.*, **160**, 35-49.
- TERROINE E. F., 1952. *La synthèse protéique*. C. N. R. S., ed. Paris, p. 539.
- THUILLIER G., FAUCONNEAU G., DE PRAILAUNE S., CHEVILLARD I., ROCHE J., 1954. Dosage de la méthionine dans les produits végétaux employés dans l'alimentation animale. *Ann. Zootech.*, **3**, 29-45.
- VAN ENTWISTLE P., HUNTER W. L., 1949. Report on crude fiber. *J. Ass. Off. Agric. Chem. Wash.*, **32**, 651-656.
- WILLIAMS H. H., CURTIN L. V., ABRAHAM J., LOOSLI J., MAYNARD L. A., 1954. Estimation of growth requirements for amino acids by assay of the carcass. *J. Biol. Chem.*, **208**, 277-286.
- WILLIAMS H. H., 1955. Essential amino acids content of animal feeds. *Mem. Cornell Agric. Exp. Stat.*, *bull.* 337