

EFFETS NUTRITIONNELS DE L'INCORPORATION DE CELLULOSE PURIFIÉE DANS LE RÉGIME DU PORC EN CROISSANCE-FINITION

II. — INFLUENCE SUR LES PERFORMANCES DE CROISSANCE ET LA COMPOSITION CORPORELLE

Y. HENRY

avec la collaboration technique de H. BOUSQUET, R. KERISIT et D. BOURDON

*Station de Recherches sur l'Élevage des Porcs,
Centre national de Recherches zootechniques, 78 - Jouy-en-Josas
Institut national de la Recherche agronomique*

SOMMAIRE

Deux expériences ont été réalisées sur des porcs de race *Large White*, entre 20 et 90 kg de poids vif, dans le but d'étudier l'influence de l'introduction de taux croissants de cellulose de bois purifiée dans des régimes semi-synthétiques, à base d'amidon de maïs et de farine de hareng de Norvège, sur la consommation de nourriture, les performances de croissance, l'efficacité alimentaire et la composition corporelle.

Les résultats obtenus ne font ressortir aucune modification significative du gain de poids journalier entre 20 et 90 kg, à la suite d'une élévation du taux de cellulose de 2 à 15 p. 100 dans des régimes dont la valeur énergétique finale demeure supérieure à 3 250 kcal d'énergie digestible par kilo d'aliment frais (soit 3 500 à 3 600 kcal par kilo de matière sèche). Dans les conditions d'alimentation selon l'appétit, la dilution de l'énergie du régime par la cellulose a pour effet, malgré l'augmentation du niveau d'ingestion, de réduire l'apport énergétique, et par voie de conséquence, l'adiposité des carcasses, alors que l'utilisation globale de l'énergie digestible pour la croissance est améliorée. L'action stimulante de la cellulose sur la consommation de nourriture est surtout nette pendant la première phase de la croissance, soit entre 20 et 60 kg de poids vif, étant entendu qu'il s'agit au départ de régimes présentant une valeur énergétique élevée (3 600 kcal d'énergie digestible par kilo d'aliment frais) et renfermant une source de cellulose purifiée. Sur le plan pratique, il convient de réaliser un compromis entre l'amélioration de la qualité des carcasses obtenue par une dilution de l'énergie par la cellulose et la diminution de l'utilisation digestive qui en découle. Compte tenu des observations précédentes, il n'est pas recommandé d'utiliser, pour le Porc en croissance, lorsqu'il est nourri à volonté, des régimes dont la valeur énergétique excède 3 250 kcal d'énergie digestible par kilo (soit 3 500 à 3 600 kcal par kilo de matière sèche).

INTRODUCTION

Dans une étude antérieure (HENRY et ÉTIENNE, 1969) portant sur l'incorporation de taux croissants de cellulose purifiée dans des régimes semi-synthétiques à base d'amidon de maïs et de farine de hareng de Norvège chez le Porc en croissance-

finition, nous avons rapporté les effets observés au niveau de l'utilisation digestive des substances énergétiques et azotées de la ration. L'élévation du taux de cellulose de 2 à 24 p. 100 s'accompagne d'une dépression linéaire des coefficients d'utilisation digestive, correspondant, par exemple, à une diminution de la valeur énergétique du régime de l'ordre de 15 à 20 p. 100. En fait, cette dilution de l'énergie disponible de la ration par la cellulose a pour effet de modifier l'équilibre entre les fractions azotée et énergétique et, par voie de conséquence, le niveau des performances des animaux. C'est pourquoi, utilisant les mêmes conditions expérimentales, nous avons entrepris de compléter ces résultats de digestibilité par une expérimentation en lots, dans le but d'étudier l'influence du taux de cellulose dans le régime sur la consommation de nourriture, les performances de croissance, l'efficacité alimentaire et les caractéristiques de composition corporelle. Certains de ces résultats ont été rapportés par ailleurs (HENRY, 1966).

MATÉRIEL, ET MÉTHODES

L'étude de l'influence du taux de cellulose sur les performances de croissance et la composition corporelle chez le Porc de race *Large White* entre 20 et 90 kg de poids vif, a fait l'objet de deux expériences (A et B), dont les protocoles ont déjà été décrits dans une publication antérieure (HENRY et ÉTIENNE, 1969).

Expérience A

La première expérience (A), portant sur 4 lots de 12 animaux, est réalisée suivant un schéma factoriel comprenant 2 taux de protéines de poisson (12 et 16 p. 100) et 2 taux de cellulose (5 et 15 p. 100). La cellulose, extraite du bois et purifiée, se présente sous forme fibreuse. En dehors de la farine de hareng de Norvège, les régimes utilisés renferment 5 p. 100 d'huile d'arachide, 5 p. 100 de mélange minéral, 2 p. 100 de mélange vitaminique, 20 p. 100 de sucre, le complément énergétique de la ration étant apporté sous forme d'amidon de maïs.

Des couples de porcs de race *Large White*, de sexe opposé et d'un poids moyen initial de 25 kg, sont choisis dans une même portée et affectés aux 4 traitements, de telle façon que l'effet taux azoté et deux effets d'interaction (« sexe × cellulose » et « azote × sexe × cellulose ») soient confondus avec l'effet blocs à l'intérieur de chacune des 12 répétitions. Les animaux sont élevés en loges individuelles et reçoivent, selon leur appétit, trois repas de 20 à 30 minutes par jour ; ces derniers sont distribués à l'état humide, à raison de 3 parties d'eau pour une partie d'aliment sec. Les consommations de nourriture sont enregistrées quotidiennement et les animaux sont pesés à intervalles réguliers, tous les 14 jours. Au poids de 90 kg, ils sont abattus, environ 14 heures après leur dernier repas, et les carcasses sont découpées suivant la technique parisienne, après un resuyage de 24 heures.

Les critères retenus pour l'appréciation de la composition corporelle sont : le rendement (poids net de la carcasse, sans tête et avec pieds, en pourcentage du poids vif), les pourcentages de morceaux nobles (jambon + longe) et de morceaux gras (bardière + panne) dans la carcasse, l'épaisseur du lard dorsal (moyenne des mensurations au dos et au rein), la longueur de la carcasse.

Expérience B

Une deuxième expérience (B) a été consacrée à la recherche d'un taux optimum d'incorporation de cellulose dans des régimes semi-purifiés. A cet effet, quatre régimes contenant des proportions croissantes de cellulose (2, 5, 8 et 11 p. 100) et un taux constant de matières azotées (16 p. 100 de protéines de poisson) ont été comparés sur des lots de 12 porcs (6 mâles castrés et 6 femelles), entre 20 et 90 kg de poids vif. Les régimes renferment, en dehors de la cellulose de bois, 21 p. 100 de farine de hareng de Norvège, 5 p. 100 d'huile d'arachide, 5 p. 100 de mélange minéral, 2 p. 100 de mélange vitaminique et le complément sous forme d'amidon de maïs. La source de cellulose est différente de celle utilisée dans l'expérience A ; il s'agit d'un produit pulvé-

rulent, obtenu après broyage sur grille de 0,3 mm, alors que le précédent se présentait sous forme de mousse à longues fibres. Les animaux, élevés en loges individuelles, sont groupés par couples de même sexe, issus d'une même portée, et affectés aux 4 traitements suivant le dispositif des blocs incomplets équilibrés (dispositif du type II, selon COCHRAN et COX, 1957). Les observations sur la croissance, la consommation et la composition corporelle sont les mêmes que dans l'expérience A.

Dans les deux expériences, les animaux ne disposent d'aucune litière, la totalité du lest étant apportée par le régime.

RÉSULTATS

Expérience A (tabl. 1, 2 et 3)

L'examen des résultats de croissance en fonction d'une élévation du taux de cellulose (tabl. 1) ne fait apparaître aucune modification significative du gain moyen journalier dans les intervalles de poids 25-60 kg ou 25-90 kg ; tout au plus peut-on constater une légère diminution de la vitesse de croissance entre 60 et 90 kg (seuil 0,10). La consommation moyenne journalière de nourriture est accrue de 2,21 à 2,29 kg dans l'intervalle de poids 25-90 kg. En ce qui concerne l'indice de consommation, on note, sur l'ensemble de la croissance, un effet dépressif d'une élévation du taux de cellulose, soit respectivement 3,09 et 3,27 pour 5 et 15 p. 100 de cellulose. Cette augmentation de l'indice de consommation se situe d'ailleurs au cours de la période de finition (3,30 contre 3,57 pour 5 et 15 p. 100 de cellulose), alors que pendant la première phase de la croissance, on n'enregistre aucune influence significative du taux de cellulose (2,93 contre 2,99 pour les taux de 5 et 15 p. 100).

Si l'on tient compte des résultats de digestibilité rapportés précédemment (HENRY et ÉTIENNE, 1969), on constate que, malgré l'augmentation de la consommation de nourriture à la suite de l'élévation du taux de cellulose dans la ration, la quantité d'énergie digestible ingérée quotidiennement diminue ; il en est d'ailleurs de même de l'indice de consommation exprimé en énergie digestible. Cette amélioration de l'efficacité énergétique du régime s'explique en réalité par le fait que les animaux recevant dans leur ration 15 p. 100 de cellulose au lieu de 5 p. 100 présentent à l'abattage un rendement plus faible et une adiposité réduite (tabl. 2) : le pourcentage de morceaux gras (bardière + panne) est plus faible, de même que l'épaisseur moyenne du lard dorsal, tandis que le pourcentage de morceaux nobles (jambon + longe) est accru. Le rendement de la carcasse, exprimé en pourcentage du poids vide, est également fortement réduit, à la suite d'une augmentation, non seulement du contenu digestif, mais également du poids de l'estomac et du gros intestin. Compte tenu de la différence de rendement entre les lots, l'indice de transformation, exprimé en quantité d'énergie digestible par kilo de poids net de la carcasse, n'est pas modifié par le taux de cellulose de la ration (respectivement 14,4 et 14,2 Mcal par kilo de gain net pour 5 et 15 p. 100).

Par ailleurs, l'augmentation du taux de protéines de 12 à 16 p. 100 se traduit par une amélioration de la vitesse de croissance entre 25 et 60 kg de poids vif, mais sur l'ensemble de la période 25-90 kg, il n'apparaît aucune différence significative. La consommation de nourriture n'est pas modifiée, mais l'indice de consommation a tendance à être plus faible. En aucun cas, il n'existe une interaction entre le taux azoté et le taux de cellulose, qu'il s'agisse des caractéristiques de croissance ou de composition corporelle.

TABLEAU I

Influence des taux de matières azotées et de cellulose sur la croissance et la consommation

Expérience A
 Nombre d'animaux par lot : 12
 Poids moyen initial : 25,1 kg

Matières azotées, p. 100.....	12		16		Sexe (1)		Signification statistique (2)	
	5	15	5	15	♂	♀	$s_{\bar{x}}$	Effets significatifs
Cellulose, p. 100.....								
Énergie digestible, kcal/kg d'aliment frais.....	3 660	3 292	3 689	3 402				
<i>Période 25-60 kg</i>								
Gain moyen/j, g.....	610	617	665	643			15,2 (8,3)	(N × S)*
Consommation/j :								
Aliment frais, kg.....	1,83	1,89	1,87	1,89	2,91	1,83	0,032 (6,0)	S*
Énergie digestible, Mcal (3).....	6,57	6,15	6,77	6,24	6,57	6,28		
Indice de consommation :								
Aliment frais (kg).....	3,03	3,07	2,83	2,91				
Énergie digestible (Mcal).....	11,87	9,99	10,25	9,61			0,050 (5,8)	(N × S)*
<i>Période 60-90 kg</i>								
Gain moyen/j, g.....	864	797	838	807	856	797	28,3 (4,9)	C (0,10) ; S*
Consommation/j :								
Aliment frais, kg.....	2,82	2,84	2,76	2,86	2,94	2,80	0,077 (9,5)	S**
Énergie digestible, Mcal (3).....	10,12	9,24	9,99	9,44	10,12	9,28		
Indice de consommation :								
Aliment frais (kg).....	3,28	3,58	3,31	3,56	3,46	3,40	0,091 (9,2)	C**
Énergie digestible (Mcal).....	11,77	11,65	11,99	11,75	11,90	11,67		
<i>Période 25-90 kg</i>								
Gain moyen/j, g.....	705	689	731	716	724	696	15,4 (7,5)	S (0,10)
Consommation/j :								
Aliment frais, kg.....	2,20	2,27	2,21	2,30	2,32	2,18	0,032 (5,0)	S** ; C*
Énergie digestible, Mcal (3).....	7,89	7,39	8,00	7,59	7,79	7,71	0,16 (7,1)	C*
Indice de consommation :								
Aliment frais (kg).....	3,14	3,31	3,04	3,22			0,049 (5,3)	C** ; (N × S)**
Énergie digestible (Mcal).....	11,27	10,77	11,00	10,79			0,14 (4,5)	C*

(1) ♂ : Mâles castrés ; ♀ : Femelles. Les moyennes ne sont données que dans les cas où il n'y a pas d'interaction sexe × traitement.

(2) $s_{\bar{x}}$: Écart-type de la moyenne (entre parenthèses : coefficient de variation). Seuils de signification : ** : 0,01 ; * : 0,05 ; (0,10) : 0,10. Effets : N = taux azoté ; C : taux de cellulose ; S : sexe (N × sexe) : interaction taux azoté × sexe. NS : effet non significatif.

(3) La valeur énergétique des régimes est exprimée en mégacalories (Mcal : 1 000 kcal) d'énergie digestible, d'après les résultats publiés précédemment (HENRY et ÉTIENNE, 1969).

Ces indications sont valables pour les tableaux suivants.

TABLEAU 2

Influence des taux de matières azotées et de cellulose sur la composition corporelle

Poids vif moyen final : 91,8 kg

Expérience A

Matières azotées, p. 100	12		16		Sexe		Signification statistique	
	5	15	5	15	♂	♀	$s_{\bar{x}}$	Effets significatifs
Cellulose, p. 100								
<i>Contenu digestif</i> , kg	2,38	3,91	2,35	3,68	3,15	3,01		
<i>Poids des viscères</i> , kg :								
Estomac	0,55	0,66	0,56	0,68	0,62	0,61	0,019 (10,8)	C**
Intestin grêle	1,72	1,75	1,75	1,71	1,79	1,67	0,057 (11,3)	S*
Gros intestin	1,35	1,56	1,50	1,60	1,56	1,45	0,047 (10,9)	C** ; S*
<i>Rendement</i> ⁽¹⁾								
Poids net % poids vif	75,1	72,6	75,2	72,7	73,8	74,0	0,39 (1,8)	C**
Poids net % poids vide	77,0	75,8	77,2	75,7	76,4	76,5	0,48 (1,7)	C**
(Jambon + Longe) % poids net	47,6	48,8	49,3	50,8			0,47 (3,3)	C** ; S* ; (N × S)*
(Bardière + Panne) % poids net	22,8	18,8	20,9	19,6			0,64 (10,6)	C* ; S(0,10)* ; (N × S)*
Épaisseur moy. du lard dorsal, Rein + Dos 2, mm	33,9	30,0	32,7	28,6	33,3	29,4	1,01 (11,1)	C** ; S**

⁽¹⁾ Poids net : poids de la carcasse, sans tête et avec les pieds, après un ressuyage de 24 heures.

TABLEAU 3

Cas d'interaction entre le taux azoté et le sexe

Expérience A

Matières azotées, p. 100	12		16	
	♂	♀	♂	♀
Sexe				
Gain moyen/j, entre 25 et 60 kg	639	588	633	674
Indice de consommation, kg d'aliment par kg de gain :				
— entre 25 et 60 kg	3,03	3,06	2,97	2,77
— entre 25 et 90 kg	3,20	3,24	3,24	3,02
(jambon + longe) % poids net	47,7	48,7	48,6	51,5
(bardière + panne), % poids net	22,3	21,1	22,4	18,2

L'influence du sexe intervient d'une manière prépondérante sur la plupart des critères. Ainsi, les mâles castrés présentent une vitesse de croissance et un niveau de consommation plus élevés que les femelles ; mais le dépôt accru des tissus gras chez ces mêmes animaux est suivi d'une augmentation de l'indice de consommation. Parallèlement à cet effet global du sexe, on observe, pour un certain nombre de critères, une interaction entre le sexe et le taux azoté (tabl. 3). Il en est ainsi du gain moyen entre 25 et 60 kg et l'indice de consommation dans les intervalles de poids 25-60 kg et 25-90 kg ; la supériorité de croissance manifestée par les femelles sur les mâles castrés est évidente au taux de protéines le plus élevé, et s'accompagne d'une diminution sensible de l'indice de consommation. De même, si l'on prend en considération les caractéristiques corporelles, à la différence de ce que l'on observe chez les mâles castrés, une élévation du taux de protéines provoque chez les femelles une diminution significative de l'adiposité.

Expérience B (tabl. 4 et 5)

Au cours de la première phase de la croissance (20-60 kg), l'expérience s'est déroulée dans des conditions satisfaisantes. Aux alentours de 60 kg cependant, quatre animaux sont morts à la suite d'hémorragies gastriques aiguës ⁽¹⁾. Compte tenu de ces données manquantes, l'interprétation du dispositif en blocs incomplets équilibrés a été effectuée uniquement sur les résultats de la période 20-60 kg de poids vif ; toutes les autres données ont été analysées selon le schéma en blocs « randomisés ». De toute façon, le dispositif choisi se révèle peu efficace par rapport au dispositif en blocs « randomisés » complets, l'augmentation de l'efficacité des tests d'analyse de variance étant de 10 p. 100 seulement pour le gain moyen journalier.

Les résultats généraux de croissance et de consommation sont rapportés dans le tableau 4. Comme dans l'expérience précédente, l'élévation du taux de cellulose de 2 à 11 p. 100 n'entraîne aucune modification significative de la vitesse de croissance entre 20 et 90 kg de poids vif, de même que dans les intervalles de poids 20-60 kg et 60-90 kg.

Pas plus que la vitesse de croissance, la consommation journalière de nourriture ne diffère significativement d'un lot à l'autre, bien que dans l'intervalle de poids 20-60 kg, elle ait tendance à être plus faible au taux de cellulose le plus bas (1,64 kg contre 1,70 kg au-delà de ce taux). Il en découle que la consommation d'énergie digestible entre 20-60 kg de poids vif n'est pratiquement pas modifiée par la dilution énergétique du régime, alors que, dans l'intervalle de poids 60-90 kg, elle décroît d'une façon quasi linéaire lors que le taux de cellulose augmente. L'indice de consommation, exprimé en kg d'aliment frais ou en énergie digestible par kilo de gain, semble, par contre, présenter une valeur minimum au taux de 8 p. 100 de cellulose dans la ration.

L'influence du sexe fait ressortir, sur l'ensemble de la croissance (20-90 kg), une différence significative dans le gain de poids et la consommation de nourriture par jour en faveur des mâles castrés. Bien qu'il ne soit pas possible de mettre en évidence

⁽¹⁾ En raison du développement des ulcères gastriques, révélé à l'autopsie des animaux frappés d'hémorragie gastro-intestinale, nous avons procédé à un examen systématique des lésions de la muqueuse gastro-œsophagienne du cardia, en relation avec la nature du régime, à l'abattage, à 90 kg de poids. Les résultats de ces observations seront communiqués dans une publication ultérieure (HENRY, sous presse).

TABLEAU 4

Influence du taux de cellulose sur la croissance et la consommation

Expérience B

Poids moyen initial : 23,6 kg

Nombre d'animaux par lot : 12

Cellulose, p. 100.....	2	5	8	11	Sexe		Signification statistique		
					♂	♀	s \bar{x}	Effets significatifs	
Énergie digest., kcal/kg	3 659	3 577	3 347	3 421					
<i>Période 20-60 kg</i>									
Gain moyen/j, g	531	553	578	539	584	516	22,1 (13,9)	NS	
Consommation journalière :									
Aliment frais, kg	1,64	1,70	1,70	1,70	1,76	1,60	0,04 (8,9)	NS	
Énergie digestible, Mcal	6,02	6,07	5,69	5,79	6,16	5,61	0,15 (9,2)	NS	
Indice de consommation :									
Kg d'aliment/kg de gain	3,15	3,10	2,96	3,15	3,04	3,15	0,09 (10,3)	NS	
Mcal dig./kg de gain.....	11,53	11,10	9,93	10,80	10,64	11,03	0,32 (10,5)	NS	
<i>Période 60-90 kg</i>									
Gain moyen/j, g	834	763	773	731	809	741	34,8 (15,6)	S (0,10)	
Consommation journalière :									
Aliment frais, kg	2,83	2,77	2,81	2,80	2,90	2,70	0,06 (7,8)	NS	
Énergie digest., Mcal	10,37	9,92	9,43	9,58	10,16	9,58	0,23 (8,1)	C*	
Indice de consommation :									
kg d'aliment/kg de gain	3,43	3,70	3,66	3,84	3,62	3,69	0,12 (11,7)	NS	
Mcal dig./kg de gain	12,56	13,23	12,26	13,16	12,68	12,92	0,43 (11,8)	NS	
<i>Période 20-90 kg</i>									
Gain moyen/j, g	625	634	659	612	671	593	23,9 (13,1)	NS	
Consommation journalière									
Aliment frais, kg	2,03	2,10	2,13	2,12	2,21	1,98	0,04 (7,6)	S*	
Énergie digest., Mcal	7,43	7,51	7,15	7,26	7,74	6,93	0,17 (8,0)	S*	
Indice de consommation :									
kg d'aliment/kg gain	3,29	3,33	3,26	3,48	3,30	3,37	0,07 (7,8)	NS	
Mcal dig/kg de gain.....	12,04	11,91	10,91	11,91	11,57	11,81	0,27 (8,0)	*	

une interaction significative entre le sexe et le taux de cellulose pour les critères envisagés, l'évolution de la croissance et de la consommation de nourriture en fonction du taux de cellulose chez les mâles castrés entre 20 et 60 kg de poids vif, présente une allure parabolique, avec un optimum au taux de 8 p. 100, alors que chez les femelles la vitesse de croissance augmente d'une manière progressive pour des variations relativement faibles de la consommation de nourriture (fig. 1). Ceci explique l'évolution également parabolique de l'indice de consommation dont il a été fait état précédemment.

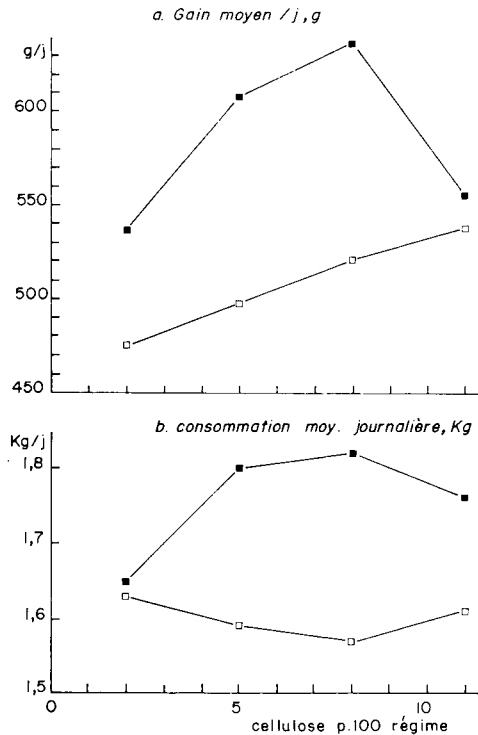


FIG. 1. — Évolution comparée du gain moyen journalier et de la consommation journalière de nourriture entre 20 et 60 kg de poids vif, en fonction du taux de cellulose, chez les mâles castrés et les femelles

a : gain moyen/j, g

b : consommation moyenne journalière, kg

■—■ mâles castrés
□—□ femelles

Les résultats se rapportant à la découpe des carcasses et au développement du tractus digestif (tabl. 5) sont moins contrastés que dans l'expérience A, en raison des taux plus faibles de cellulose. La comparaison des taux extrêmes (2 et 11 p. 100) fait néanmoins ressortir, au taux le plus élevé, une légère augmentation du pourcentage de morceaux nobles (jambon et longe) dans la carcasse (de 49,9 à 51,2) en même temps qu'une diminution de la proportion de morceaux gras (bardière et panne) de 20,4 à 19,4 et de l'épaisseur moyenne du lard dorsal de 32,1 à 29,1 mm. Les effets

observés ne sont cependant pas significatifs, à l'exception du rendement qui diminue lorsque le taux de cellulose augmente. L'influence du sexe est ici encore prépondérante, les femelles étant plus maigres que les mâles castrés.

TABLEAU 5

Influence du taux de cellulose sur la composition corporelle

Expérience B

Poids vif moyen final : 92,5 kg

Cellulose, p. 100	2	5	8	11	Sexe		Signification statistique	
					♂	♀	$s_{\bar{x}}$	Effets ⁽¹⁾ significatifs
<i>Poids du contenu digestif (kg)</i>								
Estomac	0,43	0,52	0,66	0,79	0,65	0,59	0,18 (71,8)	NS
Intestin grêle.....	0,51	0,52	0,56	0,64	0,58	0,55	0,14 (60,3)	NS
Gros intestin	0,80	0,84	1,10	1,20	0,94	1,02	0,12 (13,9)	C _L **
Total	1,74	1,85	2,32	2,63				
<i>Poids des viscères vides (kg)</i>								
Estomac	0,52	0,52	0,54	0,59	0,57	0,55	0,030 (12,6)	NS
Intestin grêle.....	1,76	1,56	1,74	1,67	1,75	1,63	0,089 (12,9)	NS
Gros intestin	1,40	1,40	1,48	1,42	1,50	1,43	0,081 (13,9)	NS
Rendement :								
Poids vif % poids net.....	75,5	75,9	74,3	74,6	75,2	75,0	0,43 (2,0)	C*
(Jambon + Longe) % poids net ...	49,9	50,7	50,5	51,2	48,7	52,4	0,54 (3,7)	S**
(Bardière + Panne) % poids net ...	20,4	20,7	20,2	19,4	22,2	18,1	0,60 (10,4)	NS
Épaisseur moyenne du lard dorsal, Rein + Dos, 2 mm	32,1	31,5	30,5	29,1	33,2	28,4	1,03 (11,6)	S**

(¹) C_L : effet linéaire de taux de cellulose.

DISCUSSION

La comparaison des résultats des deux expériences fait ressortir des différences plus ou moins importantes dans la réponse des animaux à une élévation du taux de cellulose dans le régime. Nous pensons attribuer la faiblesse des performances de croissance observées dans l'expérience B à la nature de la source de cellulose utilisée, en particulier à sa finesse, comparée à l'état fibreux de celle utilisée dans la première expérience. Ce point particulier fera l'objet d'une discussion plus approfondie dans une publication ultérieure (HENRY, sous presse) portant sur l'incidence de la texture du régime sur le développement des ulcères gastro-œsophagiens. D'ores et déjà, on peut considérer que l'apparition de ces troubles dans des régimes à faible taux de cellulose et à granulométrie fine explique la grande variabilité des résultats, qu'il

s'agisse de la vitesse de croissance ou de la consommation journalière de nourriture (dont les coefficients de variation sont respectivement de 13,1 et 7,6 pour la période totale dans l'expérience B, contre 7,5 et 5,0 seulement dans l'expérience A) ; de ce fait, l'influence du taux de cellulose apparaît avec beaucoup moins de netteté que dans la première expérience, ceci d'autant plus que les doses utilisées sont à la fois plus réduites et plus rapprochées.

1. *Taux optimum de cellulose*

Malgré les restrictions que nous venons de formuler, nous sommes tentés de conclure à un effet favorable d'une élévation du taux de cellulose dans le régime à partir d'un niveau bas (2 p. 100), en particulier au cours de la période qui suit immédiatement le sevrage, puisque, malgré une diminution de la valeur énergétique du régime, l'indice de consommation n'est pratiquement pas modifié. Il est bon de rappeler à ce sujet que, d'après CASTLE et CASTLE (1957), le transit digestif est relativement plus rapide chez le jeune Porc qu'à un stade plus avancé de la croissance. On peut se demander dans ces conditions s'il n'existerait pas une relation de causalité entre l'accélération du transit pendant le jeune âge et le niveau d'ingestion, étant entendu qu'il s'agit de régimes présentant une valeur énergétique relativement élevée et renfermant une source de cellulose purifiée. Remarquons de plus que cette influence de la cellulose, qui pourrait d'ailleurs résulter d'une amélioration des caractéristiques physico-chimiques du régime (TEAGUE et HANSON, 1954 ; GORILL *et al.*, 1960), ne s'observe pas avec la même intensité dans les deux sexes. Ainsi, les mâles castrés semblent réagir moins favorablement que les femelles à un taux élevé de cellulose, ce qui confirme les observations effectuées antérieurement par BEACOM (1964). Ce comportement différent des mâles castrés et des femelles peut s'expliquer par un besoin énergétique plus élevé relativement au besoin azoté chez les premiers (RÉRAT et HENRY, 1967), de la même façon qu'on explique l'interaction entre le sexe et le taux azoté au niveau de la composition corporelle.

A l'inverse de ce que l'on observe chez le jeune Porc, pendant la phase de finition, les meilleures performances, tant du point de vue de la croissance que de l'efficacité alimentaire, sont obtenues avec les régimes présentant la valeur énergétique la plus élevée.

En résumé, dans le cas d'utilisation de régimes semi-purifiés, chez le porc en croissance-finition, il est nécessaire d'introduire un certain taux de cellulose si l'on veut éviter en particulier des troubles au niveau de la digestion ; ce taux est d'ailleurs variable selon la texture de la source cellulosique : 8 p. 100 pour un produit pulvérisé, alors qu'un taux de 5 p. 100 semble suffire pour un produit de texture fibreuse.

2. *Valeur énergétique optimum*

Il peut paraître surprenant que l'introduction de cellulose de bois jusqu'à 15 p. 100 dans des régimes dont la valeur énergétique finale est comprise entre 3 700 et 3 250 kcal d'énergie digestible par kilo d'aliment frais, ne provoque aucun effet dépressif sur le gain moyen journalier, principalement pendant la première phase de la croissance ; bien plus, la qualité de la carcasse est améliorée, de même que l'utilisation de l'énergie digestible (ou métabolisable). Si l'on se réfère aux données biblio-

graphiques, on constate en réalité que, dans le cas de l'alimentation à volonté, le besoin azoté étant normalement couvert, la dilution du régime par des aliments celluloseux s'accompagne d'une diminution à la fois :

- de la vitesse de croissance ;
- de la quantité d'énergie digestible (ou métabolisable) ingérée, malgré une élévation du niveau d'ingestion de nourriture;
- de l'adiposité des carcasses.

Il faut en conclure que dans ces conditions le niveau d'ingestion énergétique limite non seulement la lipogénèse, mais également la protéosynthèse, d'où la dépression de croissance. Il a suffi par exemple, dans nos essais de digestibilité (HENRY et ÉTIENNE, 1969) de réduire volontairement l'apport énergétique, en augmentant le taux de cellulose et en maintenant un niveau d'ingestion identique, pour faire apparaître une diminution de la rétention azotée. Il ne s'agit là cependant que d'une généralisation hâtive. CRAMPTON *et al.* (1954) ont montré, par exemple, que l'amélioration de la qualité des carcasses à la suite de l'introduction d'ingrédients celluloseux dans la ration, n'est pas forcément en relation avec la diminution de la vitesse de croissance. Il peut arriver en effet que, selon la nature de la source celluloseuse et la valeur énergétique du régime de base, la dépression de la digestibilité globale de la ration soit suffisamment faible, comparativement à l'élévation du niveau d'ingestion, pour que la quantité d'énergie disponible ne soit plus le facteur limitant de la croissance, mais simplement de la lipogénèse. C'est précisément ce qui apparaît dans la présente étude, tant que la valeur énergétique finale de la ration demeure supérieure à 3 250 kcal d'énergie digestible/kg.

Dans tous les cas, l'influence du taux de cellulose sur l'adiposité des carcasses est en relation directe avec la diminution de la valeur énergétique de la ration. En fait, l'élévation du taux de cellulose dans des régimes isoazotés et de même valeur énergétique finale, n'entraîne aucune modification de la composition corporelle (COLÉ *et al.*, 1967 ; BAIRD, 1968 ; BAIRD *et al.*, 1969).

Compte tenu des observations précédentes, on peut considérer que, lorsque la valeur énergétique du régime s'élève au-delà de 3 250 kcal digestibles par kilo, le Porc, nourri à volonté, consomme un excès d'énergie par rapport à ses possibilités normales de croissance pour le déposer sous forme de graisse. De la même façon, dans une étude antérieure (HENRY et RÉRAT, 1964 ; HENRY, 1966), nous avons montré que l'introduction de lipides (huile d'arachide) dans des régimes semi-synthétiques renfermant 3 200 ou 3 500 kcal d'énergie par kilo n'apportait aucune modification sensible du gain moyen journalier entre 20 et 90 kg de poids vif, mais l'adiposité des carcasses était accrue en raison d'une consommation d'énergie plus importante. Ceci est en accord avec la plupart des travaux portant sur l'incorporation de matières grasses dans des régimes de type maïs-soja dont la valeur énergétique avoisine 3 300 kcal d'énergie digestible/kg (BOWLAND, 1962 ; HAYS *et al.*, 1963 ; CLAWSON, 1967). Là non plus, la vitesse de croissance n'est pratiquement pas modifiée, mais les carcasses sont plus grasses. Il suffit cependant que la valeur énergétique du régime de base soit plus faible (rations à base d'orge ou d'avoine), pour que son enrichissement en graisse se traduise par une amélioration des performances de croissance (THRASHER *et al.*, 1959).

3. *Interaction entre le taux azoté et la valeur énergétique du régime*

Bien entendu, dans tout ce qui précède, nous nous sommes placés dans les conditions optimum d'apport azoté, le taux choisi de 16 p. 100 de protéines de poisson devant correspondre à la croissance maximum à partir de 20 kg de poids vif (RÉRAT et HENRY, 1964, 1967). De toute manière, la comparaison de ce taux de 16 p. 100 et de celui de 12 p. 100, légèrement sub-optimum pour la croissance (expérience A), n'a fait ressortir aucune interaction significative entre le taux azoté et le niveau énergétique de la ration. Dans une zone relativement large de variation du taux azoté, il semble donc que ce soit avant tout la valeur énergétique du régime, qu'il y ait dilution par la cellulose ou enrichissement par les matières grasses, qui soit le facteur déterminant du niveau de consommation d'énergie chez le Porc en croissance, plutôt que le rapport azote /énergie en tant que tel. Il en découle que l'équilibre azote-énergie dans l'alimentation du Porc en croissance ne doit pas être raisonné en terme de rapport, mais qu'au contraire les performances de croissance doivent être reliées d'une manière indépendante à la valeur énergétique du régime d'une part, au taux de matières azotées ou mieux d'acides aminés indispensables d'autre part (CLAWSON, 1967). Dans la mesure où l'on recherche une réduction de l'adiposité des carcasses, tout en maintenant les performances de croissance à leur niveau optimum, dans les conditions d'alimentation selon l'appétit, il semble opportun d'utiliser des régimes dont la valeur énergétique n'excède pas 3 250 à 3 300 kcal d'énergie digestible par kilo d'aliment frais (soit environ 3 500 à 3 600 kcal par kilo de ration sèche).

En définitive, si l'on prend en considération les performances de croissance, il apparaît que le Porc, nourri selon son appétit d'un régime à taux croissant de cellulose purifiée jusqu'à 15 p. 100, réagit en augmentant son niveau d'ingestion, mais sans qu'il parvienne à compenser entièrement la dilution de l'énergie du régime. Il en résulte une diminution de la quantité d'énergie digestible ingérée, accompagnée elle-même d'une réduction de l'adiposité des carcasses et d'une amélioration de l'efficacité alimentaire, le gain de poids moyen journalier n'étant pas modifié tant que la valeur énergétique finale du régime demeure supérieure à 3 250 kcal d'énergie digestible par kg d'aliment frais. Sur le plan pratique, il convient donc de réaliser un compromis entre l'amélioration de la qualité des carcasses obtenue par une dilution de l'énergie par la cellulose et la dépression de l'utilisation digestive qui en découle ; compte tenu des observations précédentes, il n'est pas recommandé d'utiliser, pour le Porc en croissance, nourri à volonté, des régimes d'une valeur énergétique supérieure à 3 250 kcal d'énergie digestible par kg soit 3 500 à 3 600 kcal par kilo de matière sèche.

Reçu pour publication en octobre 1969.

SUMMARY

NUTRITIONAL, EFFECTS OF INCLUDING PURIFIED CELLULOSE IN THE DIET
OF THE GROWING-FINISHING PIG

II. — GROWTH PERFORMANCES AND CARCASS CHARACTERISTICS

Two trials were performed on individually fed *Large-White* pigs between 20 and 90 kg live weight to study the effect of increasing amounts of purified wood cellulose in semi-synthetic diets of maize starch and Norwegian herring meal on food intake, growth performances, feed efficiency and body composition.

Four lots of 12 animals were compared in the first experiment (A). The diets were full-hand fed according to a factorial plan, with 2 levels of fish protein (12 and 16 p. 100), and 2 levels of wood cellulose (5 and 15 p. 100). A second experiment (B) was performed on 4 lots of 12 animals full-hand fed on diets containing 15 p. 100 fish protein and increasing amounts of cellulose (2, 5, 8 and 11 p. 100). In the first experiment, the cellulose had a fibrous texture. In the second experiment, it was in the form of a fine powder (ground on a 0,3 mm screen).

Raising the cellulose percentage from 5 to 15 p. 100 in experiment A (tables 1, 2 and 3) did not modify the daily mean weight gain (718 and 702 g, respectively). In spite of an increase in daily food intake (2.29 kg against 2.21), the energy consumption was lower (7.49 Mcal against 7.94). Improvement of energy efficiency (10.78 Mcal per kg of weight gain against 11.13) accompanied an increase in the percentage of lean cuts in the carcass and a lower fat deposition (49.8 p. 100 of ham + loin against 48.4). The results obtained do not show evidence of any interaction between protein percentage and cellulose levels. In experiment B (tables 4 and 5), increase in the cellulose from 2 to 11 p. 100 did not cause a significant modification of growth rate between 20 and 90 kg live weight (625, 634, 659, and 612 g per day, respectively, for 2, 5, 8, and 11 p. 100 of cellulose). It is the same for the 20-60 kg and 60-90 kg weight intervals. The difference with the preceding experiment is that the results for food intake and body composition do not show significant change with the level of cellulose probably because of a smaller margin of cellulose variation.

Semi-purified diets having a high initial energy value (3 600 kcal of digestible energy per kg of fresh feed), it was necessary to introduce a given percentage of cellulose in order to avoid digestive disorders (esophagogastric ulcers). This percentage varied, depending on cellulose texture (8 p. 100 for the powdered product, while a 5 p. 100 percentage seemed sufficient for a fibrous texture). Moreover, starting at a low level (2 p. 100 and increasing the proportion of cellulose in the diet during the period immediately following weaning, seemed to have a stimulating effect on food intake and growth without any change in the food conversion ratio. Conversely, during the finishing phase, the best growth performances and feed efficiency were obtained with diets having the highest energy value.

These results show that raising the purified cellulose percentage from 2 to 15 p. 100 in diets having a final energy value higher than 3 250 kcal of digestible energy per kg of fresh feed (3 500 to 3 600 kcal per kg of dry matter), does not significantly modify daily weight gain between 20 and 90 kg : in spite of the increased level of ingestion, diluting the energy in the diet with cellulose, causes a reduction in energy supply, and thus, a comparable reduction of carcass adiposity, whereas total utilization of digestible energy for growth is improved. On a practical level, a compromise must be found between improvement of carcass quality obtained by diluting energy with cellulose, and the subsequent depression of digestive utilization. Considering the preceding observations, we do not recommend using rations for the growing pig in which the energy value exceeds 3 250 kcal of digestible energy (3 500 to 3 600 kcal per kg of dry matter, when it is full-hand fed).

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BAIRD D. M., 1968. Six crude fiber levels with equal energy for finishing swine (abstr.). *J. Anim. Sci.*, **27**, 289.
- BAIRD D. M., McCAMPBELL H. C., ALLISON J. R., 1969. Levels of crude fiber, protein and energy for finishing hogs (abstr.). *J. Anim. Sci.*, **28**, 142.

- BEACOM S. E., 1964. The influence of sex on the response of self-fed pigs to ration dilution during the finishing period. *Can. J. Anim. Sci.*, **44**, 281-289.
- BOWLAND J. P., 1962. Levels and ration of energy and protein in swine rations. *Feedstuffs*, **34** (13), 30-32.
- CASTLE E. J., CASTLE M. E., 1956. The rate of passage of food through the alimentary tract of pigs. *J. Agric. Sci.*, **47**, 196-203.
- CLAWSON A. J., 1967. Influence of protein level, amino acid ratio and calorie density of the diet on feed intake and performance of pigs. *J. Anim. Sci.*, **20**, 328-334.
- COCHRAN W. G., COX G. M., 1957. *Experimental designs*, 611 pp., John Wiley and Sons, London.
- COLE D. J. A., DUCKWORTH J. E., HOLMES W., 1967. Factors affecting voluntary feed intake in pigs. II. The effects of two levels of crude fibre in the diet on the intake and performance of fattening pigs. *Anim. Prod.*, **9**, 149-154.
- CRAMPTON E. W., ASHTON G. C., LLOYD L. E., 1954. Improvement of bacon carcass quality by the introduction of fibrous feeds in the finishing ration. *J. Anim. Sci.*, **13**, 327-331.
- GORRILL A. D. L., BELL J. M., WILLIAMS C. M., 1960. Ingredient and processing interrelationships in swine feeds. II. — Effects of antibiotics, protein source and pelleting on the responses to the inclusion of wheat bran. *Can. J. Anim. Sci.*, **40**, 93-99.
- HAYS V. W., WAGNER G. R., CLARK A. J., 1963. Effect of energy and protein levels on performance and carcass characteristics of pigs. *Feedstuffs*, **35** (25), 28.
- HENRY Y., 1966. Variations des taux énergétique et azoté du régime chez le Porc en croissance. *IX^e Congr. internation. Zootechnie*, Edimbourg.
- HENRY Y., 1969. Effets nutritionnels de l'incorporation de cellulose purifiée dans le régime du Porc en croissance-finition. III. Incidence sur le développement des ulcères gastro-céphagiques. *Ann. Zootech.* (sous presse).
- HENRY Y., ÉTIENNE M., 1969. Effets nutritionnels de l'incorporation de cellulose purifiée dans le régime du Porc en croissance-finition. I. Influence sur l'utilisation digestive des nutriments. *Ann. Zootech.*, **18**, 337.
- HENRY Y., RÉRAT A., 1964. Variations des taux énergétiques et azoté dans l'alimentation du Porc en croissance. Observations préliminaires. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, **4**, 263-271.
- RÉRAT A., HENRY Y., 1964. Étude du besoin azoté chez le Porc en croissance. I. — Utilisation de la farine de poisson à trois taux différents. *Ann. Zootech.*, **13**, 5-34.
- RÉRAT A., HENRY Y., 1967. Étude du besoin azoté chez le Porc en croissance. II. Utilisation de la farine de poisson à des doses excessives par rapport au besoin azoté. *Ann. Zootech.*, **16**, 203-211.
- TEAGUE H. S., HANSON L. E., 1954. The effect of feeding different levels of a cellulosic material to swine. *J. Anim. Sci.*, **13**, 206-214.
- THRASHER D. M., BROWN R. E., MULLINS A. M., HANSARD S. L., BROWN P. B., 1959. Effects of dietary animal fats on growth, feed efficiency and carcass characteristics of swine (abstr.). *J. Anim. Sci.*, **18**, 1494.