

UTILISATION COMPARÉE DES CÉRÉALES COMME SEULS ALIMENTS DU PORC PENDANT LA PÉRIODE DE FINITION

Y. HENRY

avec la collaboration technique de A. GAYE, J.-P. TURC et H. BOUSQUET

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

SOMMAIRE

L'utilisation comparée des céréales (orge, blé, maïs) comme seuls aliments du Porc pendant la période de finition, par référence à un régime témoin équilibré à base d'orge, a fait l'objet de deux expériences, la première sur des animaux en cages de digestibilité, pesant en moyenne 51 kg et au nombre de 5 par régime, la deuxième sur 4 lots de 6 animaux, entre 60 et 100 kg de poids vif. L'essai de digestibilité a fait apparaître une liaison très étroite entre la valeur énergétique des régimes et le taux de cellulose dans la ration totale. Les valeurs d'énergie digestible, en kcal par kg de matière sèche de céréale, sont respectivement $3\,489 \pm 36$, $3\,858 \pm 18$ et $3\,965 \pm 24$ pour l'orge, le blé et le maïs. Ces résultats sont discutés en relation avec les données de la littérature. Par ailleurs, compte tenu des résultats de croissance et de composition corporelle, les meilleures performances sont obtenues dans le lot témoin, suivi dans l'ordre par l'orge, le blé et le maïs. Les différences en faveur du lot témoin et de l'orge s'expliquent en réalité par un meilleur équilibre entre la lysine et l'énergie digestible contenue dans le régime. La discussion des résultats met particulièrement l'accent sur l'importance du rapport acide aminé limitant (lysine)/énergie dans la ration, par opposition au rapport azote/énergie qui n'a de signification précise que pour une source azotée donnée.

INTRODUCTION

Les céréales constituent la base de l'alimentation du porc charcutier. En raison d'un déséquilibre plus ou moins prononcé entre les fractions énergétique et azotée, leur introduction dans le régime n'en nécessite pas moins un apport complémentaire de matières azotées et d'acides aminés indispensables, le plus généralement sous forme de tourteaux et de farines animales. Cependant, compte tenu des exigences relativement faibles du Porc en acides aminés indispensables pendant la phase de

finition, il est possible d'envisager durant cette période l'utilisation quasi exclusive des céréales dans la ration, à condition de disposer de variétés suffisamment riches en matières azotées et de procéder à une supplémentation par les acides aminés limitants, parallèlement à un apport complémentaire de minéraux et de vitamines. En même temps qu'a été abordé un programme d'expérimentation sur la supplémentation des céréales seules (orge, blé, maïs) par des aminoacides de synthèse, principalement la lysine (RÉRAT et HENRY in RÉRAT 1966, 1967), nous avons entrepris de comparer leur efficacité dans le régime du Porc en finition, soit entre 60 et 100 kg de poids vif.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

L'emploi des céréales (orge, blé et maïs) comme seuls aliments du Porc pendant la période de finition, par référence à un régime témoin équilibré, a fait l'objet de deux expériences, l'une en cages de digestibilité et l'autre en lots.

a) *Expérience en cages de digestibilité*

L'étude de l'utilisation digestive des éléments énergétiques et azotés de régimes exclusivement constitués de céréales a été réalisée sur 5 groupes de 4 porcs mâles castrés, de race *Large White* et d'un poids moyen initial de 51 kg. A l'intérieur de chaque groupe, les animaux sont affectés au hasard aux quatre traitements suivants :

- A : régime témoin à base d'orge,
- B : orge seule,
- C : blé seul,
- D : maïs seul.

La composition des céréales et des régimes est rapportée dans les tableaux 1 et 2. Les céréales, préalablement broyées (tamis de 3 mm), sont introduites dans la ration au taux de 96 p. 100 et complétées par 4 p. 100 d'un mélange minéral et vitaminique. Les animaux sont nourris suivant la technique *paired-feeding* de MITCHELL (1930). A cet effet, la quantité de nourriture distribuée a été volontairement réduite à 1,4 kg par jour, en 3 repas, en raison des risques importants de refus dans le lot « maïs ». Les régimes sont offerts à l'état humide (trois parties d'eau pour une partie d'aliment sec).

Les méthodes d'étude de la digestibilité ont été décrites dans une publication antérieure (HENRY et RÉRAT, 1966). Dans les trois premières répétitions, il a été procédé à une période de collecte de 6 jours ; dans les deux dernières, deux périodes de collecte consécutives de 6 jours se sont avérées nécessaires, afin d'améliorer la précision des observations. Les contenus énergétiques des régimes, fèces et urine sont mesurés à l'aide d'un calorimètre adiabatique Gallenkamp. Les échantillons d'urine ont été préalablement séchés sous vide à 25°C dans des sacs en polyéthylène, selon la méthode de NIJKAMP (1965).

b) *Expérience en lots*

Vingt-quatre porcs de race *Large White*, dont 12 mâles castrés et 12 femelles, sont soumis à une croissance normale jusqu'à 60 kg de poids vif. Ils sont alors répartis par groupes de 4 d'après le sexe, le poids et l'âge. A l'intérieur de chaque groupe les animaux sont affectés au hasard aux quatre traitements précédents (A, B, C, D), et élevés en loges individuelles jusqu'au poids de 100 kg. Ils sont nourris selon leur appétit, à raison de trois repas humides par jour (trois parties d'eau pour une partie d'aliment sec) ; le niveau de la ration journalière est réglé de telle façon que les animaux soient à la limite du refus. Les quantités de nourriture consommées sont enregistrées quotidiennement. Au cours de l'expérience, il est procédé à la pesée des animaux à intervalles réguliers (tous les 14 jours). Au poids de 100 kg, ils sont abattus et les carcasses sont découpées selon la technique habituelle (RÉRAT et HENRY, 1964).

TABLEAU I

Composition chimique des céréales

	Orge	Blé	Maïs
Matière sèche p. 100	85,7	84,6	88,0
<i>Composition p. 100 matière sèche :</i>			
matière organique.....	97,5	98,3	98,0
matières azotées (N × 6,25).....	11,4	11,5	9,8
cellulose brute (WEENDE)	4,1	2,2	1,6
énergie brute (kcal/kg matière sèche) ..	4 309	4 431	4 513
Poids spécifique	69,4	75,2	70,2

TABLEAU 2

Composition des régimes

Régime	Témoin « Finition » (1)	« Orge » (2)	« Blé » (2)	« Maïs » (2)
Lot	A	B	C	D
Matière sèche p. 100	86,1	85,5	86,5	87,4
<i>Composition de la matière sèche p. 100 :</i>				
matière organique	95,1	94,8	95,0	94,4
matières azotées.....	15,5	10,1	12,5	9,8
matières grasses	1,6	1,7	1,7	4,1
cellulose brute (WEENDE)	6,8	5,7	4,4	2,7
énergie brute (kcal/kg matière sèche)	4 256	4 113	4 228	4 314
Teneur en lysine (estimée) (2)				
g/p 16 g d'N.....		3,73	2,70	3,79
g/kg d'aliment frais	6,9	3,26	2,94	2,59
g/1 000 kcal digestibles	2,05	1,13	0,92	0,80

(1) Composition p. 100 : orge, 83; tourteau de soja, 3; tourteau d'arachide, 3; farine de luzerne, 5; farine de viande, 2; levure de distillerie, 2; mélange minéral et vitaminique (HENRY et RÉRAT, 1966), 2;

(2) Régimes renfermant 96 p. 100 de chacune des céréales et 4 p. 100 du même mélange minéral et vitaminique que dans le régime témoin.

(3) D'après les valeurs données par PION et FAUCONNEAU (1966), en fonction du taux de matières azotées de la céréale.

RÉSULTATS

a) Digestibilité et rétention azotée

Les résultats généraux de digestibilité sont résumés dans le tableau 3. Le coefficient d'utilisation digestive (CUD) apparent de l'énergie est nettement plus élevé avec le blé et le maïs (87 p. 100) qu'avec l'orge et le régime finition (respectivement

TABLEAU 3

Résultats généraux de digestibilité

Poids vif moyen initial : 51,2 kg. Poids vif moyen final : 54,1 kg

Quantité consommée/j : 1,4 kg d'aliment frais

Durée : 21 jours, dont une période préexpérimentale de 7 jours et deux périodes de collecte consécutives de 6 jours.

Régime	« Finition »	« Orge »	« Blé »	« Maïs »	Écart-type de la moyenne \bar{x} ⁽³⁾
Lot	A	B	C	D	
CUD : ⁽¹⁾					
matière organique	81,4	83,8	89,1 a	89,9 a	0,60 (1,6)
énergie	79,0	81,0	87,0 a	87,8 a	0,54 (1,4)
matières azotées	79,0 a	74,2	81,6 a	81,6 a	1,2 (3,3)
Coef. de rétention azotée (CR) ⁽²⁾ ..	48,8	39,0	25,5 a	21,8 a	1,8 (12,1)
Énergie digestible (kcal/kg/MS)	3 363 a	3 331 a	3 681	3 762	24 (1,5)
Énergie métabolisable (kcal/kg MS) ..	3 248 a	3 227 a	3 557	3 638	24 (1,6)
Énergie métabolisable p. 100					
Énergie digestible	96,75 a	97,17 b	96,76 a	97,04 b	0,12 (0,27)
Énergie urine (kcal/g d'azote)	10,95 a	12,10	9,28	11,14 a	0,29 (6,0)
<i>Valeur énergétique des céréales</i>					
<i>kcal/kg matière sèche :</i>					
énergie brute		4358	4328	4442	
énergie digestible		3 489 ± 36 ⁽³⁾	3 858 ± 18	3 965 ± 24	
p. 100 de l'orge		100	111	114	
énergie métabolisable		3 380 ± 43	3 728 ± 20	3 835 ± 24	
p. 100 de l'orge		100	110	113	

⁽¹⁾ CUD : (élément ingéré-élément excrété (fèces)) × 100/ élément ingéré.

⁽²⁾ N retenu × 100/N absorbé.

⁽³⁾ Écart-type de la valeur moyenne pour 5 animaux : \bar{s}_x ; le coefficient de variation est indiqué entre parenthèses. Les moyennes affectées d'un même indice ne sont pas significativement différentes entre elles au seuil 0,05 : test de comparaison multiple des moyennes utilisant les tables de PEARSON et HARTLEY (1966).

81 et 79 p. 100). Les valeurs des CUD des matières azotées sont respectivement : 86 — 81,6 — 79 et 74,2 pour le blé, le maïs, le régime finition et l'orge. L'utilisation diges-

tive des éléments énergétiques et azotés des céréales est ainsi en relation inverse avec le pourcentage de constituants celluloseux, comme le montre la figure 1. Malgré un nombre réduit de données, correspondant seulement à 4 taux de cellulose inégalement espacés, il a été procédé à un calcul de régression du CUD de l'énergie sur le taux de cellulose brute rapporté à la matière sèche (x). Ce calcul fait apparaître une décroissance linéaire du CUD de l'énergie en fonction du taux de cellulose, suivant la relation :

$$\text{CUD} \cdot \text{E} = 92,45 - 2,39 x \text{ (taux de cellulose p. 100 matière sèche),}$$

le coefficient de corrélation étant 0,90.

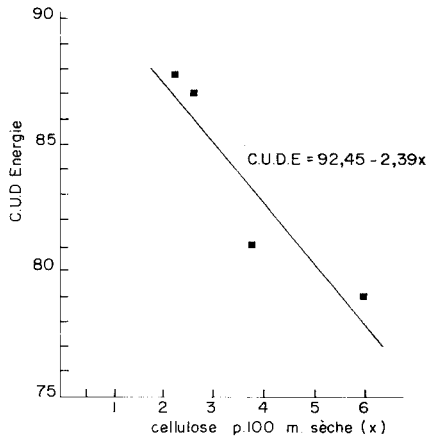


FIG. 1. — Relation entre le CUD de l'énergie et le taux de cellulose du régime

A partir des valeurs d'énergie digestible de la matière organique des régimes, nous avons déduit les valeurs énergétiques des céréales pures, soit respectivement : 3 489, 3 858 et 3 965 kcal par kg de matière sèche pour l'orge, le blé et le maïs. L'énergie métabolisable apparente représente une proportion sensiblement constante de l'énergie digestible (96 à 97 p. 100). Notons cependant que l'énergie excrétée dans l'urine a tendance à être plus faible dans le lot « orge » que dans les lots « finition » et « blé » (différence significative au seuil 0,10). Par ailleurs, le contenu énergétique de l'urine, exprimé en kcal par g d'azote, varie d'une façon significative d'un lot à l'autre ; ceci est particulièrement net pour le blé, dont les valeurs observées sont systématiquement plus faibles que pour les autres céréales.

En ce qui concerne le coefficient de rétention azotée, la valeur la plus élevée est obtenue avec le régime témoin (48,8 p. 100). Ensuite, vient l'orge (39,0 p. 100), suivie de très loin par le blé (25,5 p. 100) et le maïs (21,8 p. 100). Il faut en conclure que les protéines de blé et de maïs sont nettement plus déséquilibrées que celles de l'orge. En comparant les teneurs en acides aminés des céréales aux besoins du Porc pendant la phase de finition, il apparaît, en effet, que la lysine constitue le facteur limitant primaire de ces dernières, les quantités pour 16 g d'azote étant respectivement 3,73-2,70 et 3,09 pour l'orge, le blé et le maïs (tabl. 2). Il importe toutefois d'interpréter ces valeurs de rétention azotée avec une certaine prudence, compte tenu des

TABLEAU 4

Résultats généraux de croissance, consommation

Poids moyen initial : 60,8 kg Poids moyen final : 98,8 kg Nombre d'animaux par lot : 6

Régime ⁽¹⁾	Témoin « Finition »	« Orge »	« Blé »	« Maïs »	Écart-type de la moyenne $s \bar{x}$ ⁽²⁾
Lot	A	B	C	D	
Durée (jours)	47,8	53,7	60,7	64,2	38 (13,4)
Gain moyen(j/g)	828 a	733 a	618 b	596 b	
<i>Consommation/j :</i>					
aliment (poids frais, kg)	3,34 a	3,30 a	2,97 b	3,16 ab	0,09 (7,0)
énergie digestible, kcal	9 800 a	9 520 a	9 510 a	10 190 a	
matières azotées digestibles (g)	355	214	278	216	224 (5,6)
lysine (g)	20,0	10,8	8,7	8,2	
<i>Indice de consommation :</i>					
kg d'aliment/kg de gain	4,03 a	4,59 ab	4,89 bc	5,38 c	0,21 (1,1)
kcal dig./kg de gain	11 820 a	13 240 a	15 660	17 470	

⁽¹⁾ Les régimes A, B, C, D, utilisés dans l'expérience en lots, renfermaient respectivement : 87,2 — 86,6 — 87,0 et 85,7 p. 100 de matière sèche ; 14,5 — 8,7 — 10,9 et 8,4 p. 100 de matières azotées.

⁽²⁾ Voir légendes du tableau 2.

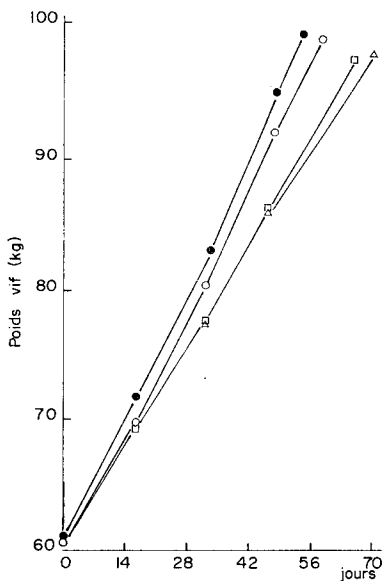


FIG. 2. — Courbes de croissance

●—● Témoin Finition ○—○ Orge □—□ Blé △—△ Maïs

difficultés rencontrées pour égaliser l'apport journalier de nourriture à un niveau compatible avec une vitesse de croissance satisfaisante ; cette dernière a été respectivement de 240, 190, 270 et 240 g/jour dans les lots A, B, C et D, pendant les périodes de collecte.

L'analyse statistique des résultats de digestibilité sur les deux dernières séries d'animaux, qui comportaient chacune 2 périodes de collecte successives, a permis de séparer dans la variation résiduelle, la part de variation entre périodes intra-animal (ou erreur analytique) et la part de variation entre animaux (ou erreur individuelle). Ces deux sources d'erreur, exprimées en coefficient de variation, sont sensiblement du même ordre de grandeur ; par exemple, lorsque l'on prend en considération le CUD de l'énergie, elles représentent respectivement 1,1 et 1,4 p. 100 de la valeur moyenne. Ceci indique que pour une même précision expérimentale, on a avantage à multiplier le nombre d'animaux par traitement plutôt que le nombre d'observations par animal. Quoiqu'il en soit, il est bon de prévoir deux périodes de collecte par animal si l'on désire contrôler l'erreur analytique.

b) *Croissance, consommation et composition corporelle*

Comme l'indiquent le tableau 4 et la figure 2 concernant l'évolution du poids vif, les meilleures performances de croissance sont obtenues dans le lot « témoin finition », suivi dans l'ordre par les lots « orge », « blé » et « maïs ». Remarquons à cet effet que les 4 lots se séparent en 2 groupes (Témoin-Orge) et (Blé-Maïs), significativement différents entre eux, non seulement du point de vue de la croissance, mais également du point de vue de la valeur énergétique, elle-même fonction du taux de cellulose ; dans tous les cas, la vitesse de croissance observée est en relation inverse avec la valeur énergétique du régime, tout au moins dans nos conditions expérimentales.

Les écarts de croissance enregistrés selon la nature de la céréale s'expliquent en fait par des différences dans le niveau d'ingestion, qu'il s'agisse des résultats moyens ou de leur évolution dans le temps en fonction du poids vif moyen par quinzaine (fig. 3 a). Ainsi, la quantité de nourriture consommée est sensiblement la même dans les lots « finition » et « orge » et nettement plus élevée que dans les lots « maïs » et « blé ». Exprimée en kcal digestibles, la consommation d'énergie est la plus faible dans les lots « orge » et « blé » et la plus élevée dans le lot « maïs » (fig. 3 b). Du point de vue de l'indice de consommation, exprimé en kcal digestibles par kg de gain, les régimes se classent dans l'ordre inverse de celui du gain moyen journalier, l'indice le plus favorable étant obtenu avec le régime témoin « finition ».

L'évolution de la consommation journalière de matières azotées digestibles en fonction du poids vif est précisée dans la figure 3 c. Les animaux au maïs et au blé ingèrent sensiblement la même quantité de matières azotées quel que soit leur poids mais nettement moins que ceux recevant l'orge et *a fortiori* le régime témoin. En réalité, si l'on prend en considération l'acide aminé limitant de chacune des trois céréales, en l'occurrence la lysine, on s'aperçoit que c'est l'orge qui fournit l'apport journalier de lysine le plus élevé, puis le blé et le maïs (fig. 3 d), cette différence en faveur de l'orge réside dans un rapport lysine (ou acide aminé limitant) /énergie plus élevé.

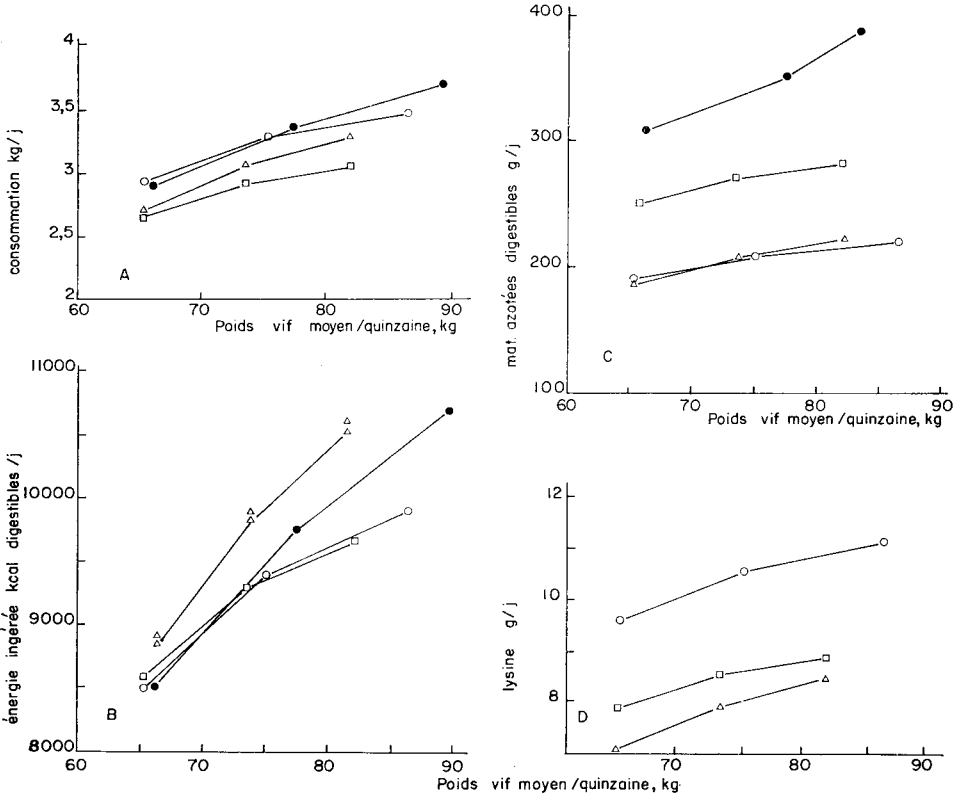


FIG. 3. — Évolution des consommations journalières en fonction du poids vif moyen par quinzaine

A : Consommation d'aliment, kg/j
 B : Énergie digeste, kcal/j
 C : Matière azotée digeste, g/j
 D : Lysine, g/j

●—● Témoin Finition ○—○ Orge □—□ Blé △—△ Maïs

Les résultats de composition corporelle (tabl. 5) ne sont d'ailleurs que la conséquence directe des variations de ce rapport lysine/énergie. Ainsi les animaux recevant le régime témoin accusent un rendement à l'abattage et un pourcentage de morceaux gras dans la carcasse plus faibles que ceux nourris de céréales seules, tandis que le pourcentage de morceaux maigres est plus élevé. De la comparaison des céréales entre elles, il résulte que l'orge donne les carcasses les plus maigres, suivie par le blé et le maïs. Par contre, aucune différence n'apparaît dans le poids des viscères. En définitive, il est intéressant de constater que la vitesse de croissance, et d'une manière plus précise, la production de morceaux maigres, est en relation directe avec la quantité de lysine par 1 000 kcal digestibles dans la ration (fig. 4).

TABLEAU 5

Résultats de composition corporelle
Poids moyen final : 98,8 kg

Régime	Témoin « Finition »	« Orge »	« Blé »	« Maïs »	Écart-type de la moyenne $s \bar{x}$ (1)
Lot	A	B	C	D	
<i>Composition p. 100</i>					
Rendement ($\frac{\text{Poids net}}{\text{Poids vif}} \times 100$)	72,6 a	73,3 a	74,5 a	74,8 a	0,80 (2,7)
(Jambon + longe) p. 100 poids net	50,8 a	48,8 a,b	47,6 b	47,0 b	0,81 (4,1)
(Bardière + Panne) p. 100 poids net	19,4 a	22,4 a	22,7 a	23,4 a	3,51 (8,6)
Épaisseur moyenne du lard dorsal ($\frac{\text{Rein} + \text{dos}}{2}$) mm	29,3 a	30,8 a	35,1 a	35,3 a	1,93 (12,6)
Longueur (cm)	96,5 a	95,3 a	94,7 a	95,7 a	1,1 (2,9)
<i>Poids des viscères (kg)</i>					
Estomac .	2,18	1,90	1,82	2,18	0,035 (11,9)
{ plein	0,68 a	0,66 a	0,61 a	0,70 a	
{ vide	3,03	2,64	2,40	2,21	0,102 (15,3)
Intestin grêle	1,68 a	1,52 a	1,73 a	1,60 a	
Gros intestin	4,00	3,94	3,42	3,75	0,103 (12,6)
	1,99 a	1,95 a	1,93 a	2,11 a	

(1) Voir légendes du tableau 2.

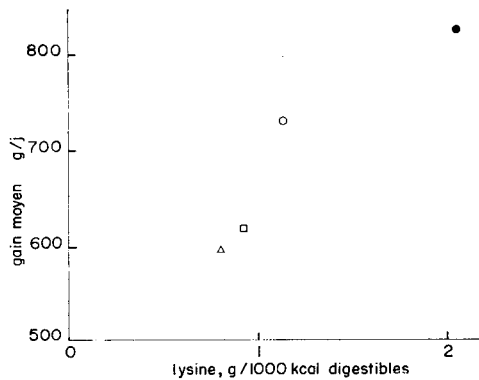


FIG. 4. — Relation entre le gain moyen journalier et la quantité de lysine en g, pour 1 000 kcal digestibles

● Témoin Finition ○ Orge □ Blé △ Maïs

DISCUSSION

L'examen des résultats de digestibilité des matières azotées fait ressortir une différence très marquée entre l'orge (74 p. 100) et le maïs (82 p. 100) et surtout le blé (86 p. 100), ce qui est conforme aux données classiques de la littérature (SCHNEIDER, 1947). Il convient cependant de nuancer cette constatation, en raison des différences de concentration des matières azotées dans les régimes. Parallèlement à l'utilisation digestive globale des matières azotées, il a été observé par ailleurs une différence importante dans la disponibilité de la lysine : cette dernière serait moins élevée dans l'orge que dans le maïs (NIELSEN *et al.*, 1963).

Un deuxième point concerne l'utilisation digestive des substances énergétiques. Depuis les travaux d'AXELSSON (1955), POND *et al.* (1962), puis de NEHRING (1966) et plus récemment de DRENNAN et MAGUIRE (1966), il est maintenant bien établi que les variations du coefficient d'utilisation digestive (CUI) des éléments énergétiques de la ration, chez le Porc, peuvent être expliquées, pour la plus grande part, par la proportion de matériaux celluloseux contenus dans le régime. Il est intéressant de remarquer que dans le cas présent, le CUI de l'énergie diminue d'environ 2 p. 100 lorsque le taux de cellulose brute augmente de 1 p. 100 d'une céréale à l'autre, ce qui correspond sensiblement aux résultats trouvés par les auteurs précédents avec des régimes à base de céréales. Quoi qu'il en soit, pour une céréale donnée, les fluctuations de la valeur énergétique sont relativement faibles, comme le prouvent les différentes valeurs trouvées dans la littérature (tabl. 6). Il faut en conclure que les variations intervenues dans la composition chimique des céréales ou dans les méthodes de détermination de leur valeur énergétique, ont eu relativement peu de répercussions sur l'estimation de cette dernière, tout au moins lorsqu'elle est exprimée en énergie digestible. Il en va sensiblement de même des valeurs d'énergie métabolisable apparente, dont les variations sont toutefois sous la dépendance des taux respectifs de matières azotées et d'acides aminés indispensables dans la ration. Ceci constitue un argument de plus en faveur de la nécessité de déterminer la valeur énergétique des régimes dans les conditions optimum d'apport des acides aminés, ainsi qu'en témoignent les valeurs obtenues sur Rat par VERMOREL et KELLER (1967).

La comparaison du régime témoin de finition et des régimes exclusivement à base de céréales a permis de mettre en évidence dans ces dernières, un déficit azoté à la fois quantitatif et qualitatif, qui se traduit par des performances de croissance réduites et un développement excessif des dépôts gras dans la carcasse. L'influence favorable d'une supplémentation des céréales seules par la lysine (facteur limitant primaire) chez le Porc, a d'ailleurs été démontrée par un certain nombre d'auteurs, qu'il s'agisse de l'orge (DINUSSON, 1962; ROBINSON et LEWIS, 1963; SOLDEVILLA et MEADE, 1964; RÉRAT, 1966, 1967); du blé (ERICSON *et al.*, 1962; JENSEN *et al.*, 1967; RÉRAT et HENRY, données non publiées); ou du maïs (POND et JONES, 1964; POND *et al.*, 1964). D'un autre côté, la comparaison des céréales seules, pendant la phase de finition, a fait ressortir un avantage très net de l'orge par rapport au blé et au maïs, en raison précisément d'un meilleur équilibre entre l'acide aminé limitant (lysine) et le contenu énergétique de la céréale; à noter que TERROINE et VALLA

avaient déjà montré, en 1933, que l'orge constitue la meilleure céréale pour le porc, du point de vue de la qualité de ses protéines. Non seulement l'orge présente une teneur plus élevée en lysine (3,9 g par kg de matière sèche contre 3,5 et 3,2 pour le blé et le maïs), mais encore, elle est moins riche en énergie (3 489 kcal digestibles par kilo de matière sèche contre 3 858 et 3 965 pour le blé et le maïs), ce qui se traduit par une consommation accrue de nourriture, donc de lysine, alors que le niveau d'ingestion d'énergie utilisable est plus faible. L'amélioration des performances de croissance et de carcasses avec le blé et le maïs, dans les conditions d'alimentation selon l'appétit, exigerait donc à la fois :

— une diminution de la valeur énergétique du régime, grâce à l'introduction d'un diluant cellulosique ;

— une quantité suffisante de lysine relativement à l'énergie grâce à un apport complémentaire d'une source azotée riche en lysine.

La dilution du contenu énergétique de la céréale peut sans doute être obtenue à l'aide d'un matériau cellulosique quelconque (rafles, fourrages grossiers), mais compte tenu de la nécessité d'un apport complémentaire de lysine, il apparaît plus judicieux d'associer à une céréale énergétique, comme le blé ou le maïs, un complément à la fois riche en acides aminés indispensables, principalement en lysine, et relativement peu énergétique, en l'occurrence une farine de luzerne déshydratée par exemple. Dans le même ordre d'idée, il semble peu avantageux de maintenir dans une céréale, comme l'orge, un taux élevé de matériaux cellulosiques, ce qui limite d'autant la possibilité de recourir à certains aliments de complément riches en lysine, mais d'une teneur relativement élevée en cellulose. En définitive, il ressort des observations précédentes que le rapport azote/énergie, qu'on peut exprimer par exemple par la quantité de matières azotées digestibles pour 1 000 kcal d'énergie digestible, n'a de signification réelle que s'il se rapporte à une source azotée donnée ; il ne permet aucune discrimination entre des régimes constitués de protéines de qualité différente. Dans tous les cas, au contraire, les résultats de croissance et de composition corporelle sont en relation directe avec le rapport acide aminé limitant (lysine) / énergie, qu'on peut exprimer par la quantité d'acide aminé (lysine), en g pour 1 000 kcal d'énergie digestible.

Si l'on considère l'évolution des résultats de consommation en fonction de la nature de la céréale, on s'aperçoit que d'une manière générale, le niveau d'ingestion varie en raison inverse de la valeur énergétique du régime, conformément à ce que l'on observe habituellement chez le Porc (HENRY, 1966) et chez le Rat (HENRY et RÉRAT, 1966). Cependant, cette relation n'est pas systématique. Ainsi, le maïs est consommé en plus grande quantité que le blé, malgré une valeur énergétique légèrement supérieure. En réalité, la quantité de nourriture librement ingérée par l'animal est, tout au moins pour une large part, la résultante des influences réciproques de la concentration en principes énergétiques et du taux de matières azotées ou d'acides aminés indispensables. A l'appui d'observations effectuées sur le Rat (HENRY et RÉRAT, 1965) et sur le Porc (RÉRAT et HENRY, 1964), il semblerait que l'animal en croissance cherche à satisfaire, non seulement son besoin énergétique, mais également, dans la mesure du possible, son besoin azoté ; de ce fait, il réagit à un déséquilibre par défaut de protéines vis-à-vis de l'énergie (régime hypoazoté) en élevant son niveau d'ingestion, et ceci d'autant plus que le déséquilibre est plus prononcé. On peut expliquer de cette façon les différences de consommation entre maïs et blé en

TABLEAU 6
Valeurs énergétiques des céréales pour le Porc

Céréale	Énergie brute (kcal/kg MS)	CUD Énergie	Énergie digestible (kcal/kg MS)	Énergie métabolisable (kcal/kg MS)	Énergie nette kcal (NKF)/kg matière sèche (**)	Méthode d'estimation	Références
Orge	4 294	82,1	3 525	3 328	2 811	par différence par différence directe — directe	FINGERLING, 1933 NEHRING et al., 1963 ROBINSON et al., 1965 NRC, 1964 nos résultats
	4 377	80,2	3 510 ± 23	3 423 ± 27	2 626 ± 49		
	—	—	3 420	3 231 (*)	—		
	4 309	81,0	3 667	3 013 (*)	—		
Blé	4 368	89,5	3 910	3 827	—	par différence directe par différence directe	NEHRING et WERNER, 1956 ROBINSON et al., 1965 DIGGS et al., 1965 nos résultats
	—	—	3 865	3 632 (*)	—		
	4 560	—	3 770	3 630 (*)	—		
	4 431	87,0	3 858 ± 18	3 728 ± 20	—		
Maïs	4 517	91,4	4 131	4 069	3 014	par différence par différence directe par différence par différence directe	FINGERLING, 1944 NEHRING et al., 1963 ROBINSON et al., 1965 DIGGS et al., 1965 nos résultats
	4 514	86,4	3 900 ± 43	3 814 ± 41	2 967 ± 53		
	—	—	4 028	3 783 (*)	—		
	4 490	—	4 000 ± 200	3 890 ± 230	—		
—	—	3 670 ± 240	3 640 ± 230	—	par différence directe	DIGGS et al., 1965 nos résultats	
4 513	87,8	3 965 ± 24	3 835 ± 24	—			

(*) Valeurs corrigées pour un bilan azoté nul.

(**) NKF : unité nette d'engraissement.

relation simplement avec le taux de matières azotées, nettement plus faible dans le maïs que dans le blé. On peut se demander également si la consommation relativement réduite de blé par rapport aux deux autres céréales ne pourrait pas être attribuée au mode de présentation des régimes. Si l'on se réfère aux récentes observations de LAWRENCE (1967), il apparaîtrait que le Porc accepte plus volontiers le blé lorsqu'il est présenté sous forme aplatie qu'à l'état de farine, comme c'est le cas dans la présente étude.

En conclusion, l'utilisation des céréales seules par le Porc pour la croissance est en relation directe avec le rapport lysine/énergie de la céréale, les meilleures performances étant obtenues avec l'orge, suivie par le blé, puis le maïs. L'amélioration des conditions d'emploi des régimes à base de céréales, chez le Porc, implique ainsi un réajustement de l'apport du ou des acides aminés limitants relativement à l'énergie, grâce à une supplémentation par des sources protidiques riches, accompagnée ou non d'une dilution de l'énergie de la céréale par un aliment cellulosique.

Reçu pour publication en mars 1968.

SUMMARY

COMPARATIVE UTILIZATION OF CEREALS AS THE ONLY FEED BY PIGS IN THE FINISHING PERIOD

Comparative utilization of cereals (barley, wheat, maize), in relation to a balanced control diet based on barley, as the only feed for pigs in the finishing period, was the subject of 2 experiments each with 4 groups of *Large White* pigs, given, respectively :

— a control diet based on barley, oilmeals and animal protein meals, with 14.5 per cent crude protein (Group A).

— diets with 96 per cent of one of the three cereals, barley (Group B), wheat (Group C) or maize (Group D) and 4 per cent minerals and vitamins to complete the diet.

Utilization of energy and nitrogen was studied in a digestibility trial lasting 21 days with castrated males of average initial weight 51 kg. The pigs were pair-fed and were given 1.4 kg feed per day. The second experiment was with groups of 6 pigs, half castrated males and half females, kept in individual pens between 60 and 100 kg liveweight and given moist feed to appetite in 3 meals a day.

The results for digestibility show a very close relation between the energy value and the fibre content of the whole ration (fig. 1) : digestibility of energy fell by 2.3 percentage units when the crude fibre (Weende) in the dry matter increased by 1 per cent. Values for digestible energy, in kcal per kg dry matter of the cereal, were $3\,489 \pm 36$, $3\,858 \pm 18$ and $3\,965 \pm 24$ for barley, wheat and maize, respectively, corresponding to apparent digestibility of energy of 81.0 ; 87.0 and 87.8 per cent (table 3). Apparent digestibility of crude protein was higher for wheat (86.0) and maize (81.6) than for barley (74.2) and the control diet (79.0). The results are discussed in relation to data from the literature (table 6).

Considering the results for growth and body composition (tables 4 and 5), the best performances were in the control group (A), followed by barley (B), wheat (C) and maize (D) in that order. Respective daily gains were 828, 733, 618 and 596 g ; daily intakes of feed were 3.34, 3.30, 2.97 and 3.16 kg, and intakes per kg gained were 4.03, 4.59, 4.89 and 5.38 kg. As proportion of carcass weight ham and loin were 50.8, 48.8, 47.6 and 47.0 per cent and back fat and kidney fat were 19.4, 22.4, 22.7 and 23.4 per cent. The difference in favour of the control diet and barley could be explained in fact by the better balance between lysine and digestible energy in the diet ; the diets had 2.05, 1.13, 0.92 and 0.80 g lysine per 1 000 kcal digestible energy for groups A, B, C and D, respectively.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AXELSSON J., 1955. Der Einfluss des Rohfaser gehaltes des Futters auf das Wachstum von Jungschweinen. *Arch. Tierernährung*, **5**, 1-16.
- DIGGS B. G., BECKER D. E., JENSEN A. H., NORTON H. W., 1965. Energy value of various feeds for the young pig. *J. Anim. Sci.* **24**, 555-558.
- DINUSSON W. E., ERIKSON D. O., HAUGSE C. N., BOLIN D. W., 1962. Barley rations for swine : protein and lysine as supplements. *North Dakota Res. Rep.*, n° 5.
- DRENNAN P., MAGUIRE M. F., 1966. Relationship of metabolisable energy in pig feeds to composition. *An Foras Taluntais Animal Production Res. report*, 113-114.
- ERICSON L. E., LARSSON S., ÖSTHOLM C. O., 1962. Preliminary studies on the possibility of improving the protein value of cereals for swine by lysine supplementation. *Acta Agric. Scand.*, **12**, 157-166.
- FINGERLING G., 1933. Der Stärkewert des Gerstenschrotes. *Landwirtsch Versuchs-Stat*, **116**, 1-63.
- FINGERLING G., 1944. Z. Tierernähr. u. Futtermittelkd, 8, 1. cité par BECKER M., et NEHRING K. *Handbuch der Futtermittel*, tome 2, p. 170, Parey ed., Hamburg, 1965.
- HENRY Y., 1966. Variations des taux énergétique et azoté du régime chez le Porc en croissance. *IX^e Congrès International de Zootechnie, Édimbourg*.
- HENRY Y., RÉRAT A., 1965. Ingestion spontanée d'éléments énergétiques en régimes mixtes et séparés chez le Rat en croissance. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, **5**, 283-292.
- HENRY Y., RÉRAT A., 1966. Utilisation des pommes de terre déshydratées et fraîches dans l'alimentation du Porc en croissance en comparaison avec l'orge. *Ann. Zootech.*, **15**, 231-251.
- HENRY Y., RÉRAT A., 1966. Évolution de l'ingestion spontanée de principes énergétiques en fonction de la vitesse de croissance et de la protéinogénèse chez le Rat blanc. *Aminoacides, Peptides, Protéines, Cahier n° 6*, 240-262, A. E. C., Paris.
- JENSEN A. H., BECKER D. E., HARMON B. G., 1967. Wheat in diets for finishing swine. *J. Anim. Sci.*, **26**, 1473 (abstr.)
- LAWRENCE T. L. J., 1967. High level cereals diets for the growing finishing pig. I. The effect of cereal preparation and water level on the performance of pigs fed diets containing high levels of wheat. *J. Agric. Sci.*, **68**, 269-274.
- MITCHELL H. H., 1930. The paired-feeding method : its value and limitations in livestock experimentation. *Proc. Amer. Soc. Anim. Prod.*, 63-73.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC), 1964. *Joint United States-Canadian Tables of feed composition; Nutritional Data for U.S.A. and Canadian feeds* 167 pp., National Academy of Sciences-N.R.C, Washington D. C.
- NEHRING K., 1966. Rohfaser oder Rohcellulose. Ein Beitrag zur Entwicklung der Weender Futtermittelanalyse. *Arch. Tierernähr*, **16**, 77-102.
- NEHRING K., HOFFMANN L., SCHIEMANN R., 1963. Die energetische Verwertung der Futterstoffe. 3. Mitteilung. Die energetische verwertung der Kraftfutterstoffe durch Schweine. *Arch. Tierernähr*, **13**, 147-161.
- NEHRING K., WERNER A., 1956. *Wiss. Abhl. Dt. Akad. Landwirtschaftswiss. V/11*. Cité par BECKER M. et NEHRING K., *Handbuch der Futtermittel*, tome 2, p. 170, Parey ed., Hamburg, 1965.
- NIELSEN H. E., HAYS V. W., SPEER V. C., CATRON D. V., 1963. Lysine supplementation of corn and barley base diets for growing finishing swine. *J. Anim. Sci.*, **22**, 454-457.
- NIJKAMP, 1964. Some remarks about the determination of the heat of combustion and the carbon content of urine. In BLAXTER K. L., *Energy metabolism*, 440 pp., Acad. Press, New York.
- PEARSON E. S., HARTLEY H. O., 1966. *Biometrika tables for statisticians* vol. 1, 191-193, Cambridge Univ. Press.
- PION R., FAUCONNEAU G., 1966. Les acides aminés des protéines alimentaires. Méthodes de dosage et résultats obtenus. *Aminoacides, Peptides, Crotéines, cahier n° 6*, 158-175, A.E.C., Paris.
- POND W. G., JONES J. R., 1964. Aminoacid supplementation of corn diets for finishing pigs. *Feedstuffs*, **36** (41), 42-44.
- POND W. G., KROENING G. H., GALLO J. T., 1964. Aminoacids for swine : dietary requirements for growth and carcass leanness. *Proc. Cornell Nutr. Conf. for feed Manufacturers*, 50-61.
- POND W. G., LOWREY R. S., MANER J. H., 1962. Effect of crude fiber level on ration digestibility and performance in growing-finishing swine. *J. Anim. Sci.*, **21**, 692-696.
- RÉRAT A., 1966. Utilisation des acides aminés obtenus par voie industrielle dans l'alimentation du Porc en croissance. *IX^e Congrès international de Zootechnie, Édimbourg*.
- RÉRAT A., 1967. Utilisation des aminoacides de synthèse dans l'alimentation du Porc en croissance. Perspectives offertes par leur emploi dans la formulation des régimes pour porcs. *L'Alimentation et la Vie* (sous presse).
- RÉRAT A., HENRY Y., 1964. Utilisation de la betterave « danoise » dans l'alimentation du Porc en croissance. I. Recherche d'un plan de rationnement. *Ann. Zootech.*, **13**, 217-236.

- RÉRAT A., HENRY Y., 1964. Consommation spontanée d'énergie en alimentation mixte et séparée chez le Porc en croissance. *Ann. Biol. anim. Biochem. Biophys.*, **4**, 441-444.
- ROBINSON D. W., LEWIS D., 1963. Aminoacid supplementation of a barley ration for the pig. *J. Sci. Food. Agric.*, **II**, 806-813.
- ROBINSON D. W., PRESCOTT J. H. D., LEWIS D., 1965. The protein and energy nutrition of the bacon pig. IV. Digestible energy values of cereals in pig diets. *J. Agric. Sci.*, **64**, 59-66.
- SCHNEIDER B. H., 1947. *Feeds of the world. Their digestibility and composition*, 299 pp, Agricultural Experiment Station, West Virginia University, Morgantown.
- SOLDEVILA M., MEADE R. J., 1964. Barley rations for swine. 2. The influence of L-lysine and DL-methionine supplementation of barley soybean meal diets upon rate and efficiency of gain and upon nitrogen retention of growing swine. *J. Anim. Sci.*, **23**, 397-403.
- TERROINE E. F., VALLA S., 1933. Valeur comparée des différents aliments protéiques pour la croissance. *Bull. Soc. Sci. d'Hyg. aliment.*, **21**, 105-174.
- VERMOREL M., KELLER J., 1967. Utilisation énergétique, par le Rat en croissance, des principales céréales composant des régimes isoazotés et équilibrés en acides aminés. *Ann. Zootech.*, **16**, 223-234.
-