

OBSERVATIONS PRELIMINAIRES SUR LA DETERMINATION DE LA VALEUR ENERGETIQUE DES REGIMES A BASE DE CEREALES CHEZ LE PORC

Y. HENRY, A. GAYE *

Station de Recherches sur l'Elevage des Porcs

C.N.R.Z. - Jouy-en-Josas

INTRODUCTION

De nombreuses tables ont été établies qui permettent d'estimer la valeur énergétique des aliments simples, selon qu'il s'agit de l'énergie digestible, de l'énergie métabolisable ou de l'énergie nette, cette dernière pouvant être exprimée en kilocalories ou plus couramment en unités pratiques, telles l'unité fourragère (U.F.) ou l'unité amidon. Dans le cas particulier du porc, ces valeurs ont été déterminées soit directement (pour les céréales par exemple) ou le plus souvent par la méthode de la différence. Le calcul de la valeur énergétique d'une ration complexe s'effectue alors en additionnant simplement les valeurs trouvées pour les différents aliments constitutifs de la ration.

Les travaux récents de NEHRING et *al.* (1967) ont montré que l'utilisation nette de l'énergie d'une ration complexe chez le porc peut être déduite directement des éléments digestibles (matières azotées : mad ; matières grasses : mgd ; cellulose brute : cbd et extractif non azoté : enad), suivant une relation rigoureusement linéaire :

$$\text{Energie nette, kcal} = 2,59 \text{ mad} + 8,63 \text{ mgd} + 1,50 \text{ cbd} + 3,03 \text{ enad}.$$

En réalité, les quantités d'éléments digestibles contenues dans un régime ne peuvent être obtenues (comme il est d'usage de le faire) par simple addition des teneurs en éléments digestibles des différents ingrédients, compte-tenu des effets associatifs entre ces derniers. Il est maintenant connu, en effet, (AXELSSON, 1955 ; NEHRING, 1966), que le coefficient d'utilisation digestive (C.U.D.) de l'énergie de la ration est plus ou moins modifiée par sa composition chimique globale, et plus particulièrement par le taux de cellulose. D'une manière générale, on considère que le C.U.D. de l'énergie diminue de 2 à 3 %, ou plus, lorsque le taux de cellulose brute, dosée par la méthode de WEENDE, augmente de 1 %. Il existe d'ailleurs des variations plus ou moins importantes selon la nature de la céréale constitutive de la ration (NEHRING, 1966).

* Avec la collaboration technique de Mmes J. JUNG et P. LEFEUVRE

Le calcul des U.F. étant effectué à partir des éléments digestibles des composants (composition chimique et C.U.D.), la valeur U.F. ainsi estimée ne peut refléter d'une manière rigoureuse la valeur énergétique exacte de la ration globale.

Ceci nous a conduit à étudier, chez le porc en croissance, les variations de l'utilisation digestive apparente de l'énergie d'un régime simplifié, renfermant une céréale unique (blé) et une proportion variable d'une source cellulosique définie (farine de luzerne déshydratée, son de blé).

MODALITES EXPERIMENTALES

La composition chimique des aliments est rapportée dans le tableau 1.

Tableau 1
COMPOSITION CHIMIQUE DES ALIMENTS (%)

	Blé Rex	Farine de luzerne déshydratée	Son de blé
Matière sèche	89,0	90,5	85,2
Matière organique	87,5	79,4	80,5
Matière azotées (N $\times$ 6,25)	13,0	19,9	16,2
Energie brute, Kcal/kg	3891	3946	3845
Constituants cellulosiques :			
Cellulose brute (WEENDE)	1,60	24,5	7,2
Constituants membranaires (CM) (1)	10,5	37,0	33,5
Lignocellulose (2)	3,15	29,3	9,7

(1) Cellulose + lignine + hémicelluloses, dosées par la méthode de VAN SOEST et WINE (1967): résidu après attaque par une solution détergente neutre.

(2) Cellulose + lignine, dosée par la méthode de VAN SOEST (1963): résidu après attaque par une solution détergente acide.

La comparaison de la composition des constituants membranaires fait apparaître des différences importantes entre la farine de luzerne et le son de blé qui, pour un pourcentage de constituants membranaires légèrement plus faible, renferme nettement plus d'hémicelluloses que la farine de luzerne; c'est ce qui explique l'écart observé dans le pourcentage de cellulose brute.

Deux essais de digestibilité ont été conduits sur des porcs mâles castrés, de race Large White, d'un poids moyen initial de 26,5 kg, après deux semaines d'adaptation à un régime préexpérimental à base de blé. Les coefficients d'utilisation digestive (C.U.D.) de la matière organique, de l'énergie et des matières azotées ont été mesurés au cours de deux périodes de collecte successives de 6 jours, à raison de 4 animaux par traitement, répartis suivant le dispositif en blocs complets équilibrés.

* C.U.D. = $\frac{\text{élément absorbé} \times 100}{\text{élément ingéré}}$ = $\frac{(\text{qté ingérée} - \text{qté dans les fèces}) \times 100}{\text{qté ingérée}}$.

Le premier essai a porté sur la variation du pourcentage de farine de luzerne déshydratée (0 - 5 - 10 et 15 %), en association avec le blé. Les quatre régimes sont rendus isoacides aminés indispensables grâce à une supplémentation par les acides aminés limitants sous forme libre (L-lysine, L-thréonine, DL-méthionine, L-isoleucine, L-tryptophane), en quantités suffisantes pour équilibrer les régimes par rapport aux besoins. La composition des régimes, ainsi que les résultats d'analyse, sont détaillés dans le tableau 2.

Tableau 2

COMPOSITION DES REGIMES A TAUX VARIABLE DE FARINE DE LUZERNE

Composition (%)	Régimes			
	1	2	3	4
Farine de luzerne déshydratée	0	5	10	15
Blé (1)	96,9	92,0	87,1	82,3
Mélange minéral (2)	3,1	3,0	2,9	2,7
Matière sèche	87,6	87,8	87,9	88,1
Matière organique	83,4	83,3	82,9	83,0
Matières azotées	13,5	13,5	13,7	13,9
Energie brute, Kcal/kg	3680	3715	3718	3730

(1) Plus acides aminés indispensables et vitamines

(2) Composition % : phosphate bicalcique = 1,2 - carbonate de calcium = 1,1 - sel marin = 0,5 - mél. oligoéléments = 0,3.

Le deuxième essai a été réalisé selon les mêmes modalités que le précédent, mais en utilisant cette fois du son de blé à taux croissant (0 - 8 - 16 et 24 %), toujours en association avec le blé. Une proportion variable de farine de poisson (3 à 3,6 %), ainsi qu'un complément d'acides aminés indispensables (L-lysine, L-isoleucine, DL-méthionine, L-tryptophane) ont été ajoutés pour équilibrer les régimes à la fois en matières azotées (14,5 %) et en acides aminés indispensables (tableau 3).

.../...

Tableau 3
COMPOSITION DES REGIMES A TAUX VARIABLE DE SON DE BLE

Composition p. 100	Régimes			
	1	2	3	4
Son de blé grossier	0	8	16	24
Blé (1)	92,4	84,6	76,8	69,0
Farine de hareng de Norvège	3,6	3,4	3,2	3,0
Mélange minéral	3	3	3	3
Matière sèche	87,8	87,9	87,9	88,0
Matière organique	83,4	83,3	83,1	83,1
Matières azotées	14,4	14,4	14,9	15,0
Energie brute, Kcal/kg	3769	3788	3773	3799

(1) Plus acides aminés indispensables et vitamines

(2) Composition % : phosphate bicalcique 1,2 ; craie broyée : 1,0 ; sel marin : 0,5 ; mélange oligoéléments : 0,3.

Dans les deux expériences, les animaux des différents lots ont été soumis à un même niveau d'alimentation (1,2 kg au cours de la première période et 1,3 kg au cours de la seconde), correspondant à un gain moyen journalier de 475 g dans la première expérience et 467 g dans la seconde.

RESULTATS

Les résultats généraux de digestibilité sont rapportés dans les tableaux 4 et 5.

Tableau 4
INFLUENCE DU TAUX DE FARINE DE LUZERNE DESHYDRATEE SUR L'UTILISATION
DIGESTIVE APPARENTE DES SUBSTANCES ENERGETIQUES ET AZOTEES

Composition	Régimes			
	1	2	3	4
Farine de luzerne, p. 100	0	5	10	15
C.U.D. matière organique	90,8	88,5	87,0	85,1
C.U.D. énergie	88,8	86,2	84,3	82,2
C.U.D. matières azotées	90,6	86,3	84,7	82,5
Valeur énergétique des régimes, Kcalories digestibles/kg d'aliment frais	3269	3202	3125	3068

Tableau 5
INFLUENCE DU TAUX DE SON DE BLÉ SUR L'UTILISATION DIGESTIVE APPARENTE
DES SUBSTANCES ÉNERGETIQUES ET AZOTÉES

Composition	Régimes			
	1	2	3	4
Son de blé, p. 100	0	8	16	24
C.U.D. matière organique	91,0	88,6	86,7	85,2
C.U.D. énergie	89,2	86,7	84,6	83,0
C.U.D. matières azotées	91,0	89,2	88,3	87,1
Valeur énergétique des régimes, Kcalories digestibles/kg d'aliment frais	3361	3282	3192	3153

D'une manière générale, on remarque que les C.U.D. diminuent d'une façon linéaire à mesure que le taux d'introduction de la source cellulosique augmente, cette diminution étant plus marquée avec la farine de luzerne qu'avec le son de blé (fig. 1a). Il en est ainsi aussi bien pour les matières azotées que pour l'énergie, dont l'évolution de l'utilisation digestive est rigoureusement parallèle à celle de la matière organique. Dans le cas de l'énergie, le C.U.D., en fonction du pourcentage de farine de luzerne ou de son (x), est donné par les relations suivantes :

- avec la farine de luzerne : C.U.D. E = 88,6 - 0,44 x,
- avec le son de blé : C.U.D. E = 89,0 - 0,26 x,

Les pourcentages de variation des C.U.D. moyens dus à la régression étant respectivement 99,5 et 99,0. L'étude de la régression fait néanmoins apparaître un léger effet associatif entre le blé et la farine de luzerne (ou le son), la linéarité étant améliorée lorsque l'on ne prend en considération que les 3 régimes renfermant l'aliment cellulosique. La valeur énergétique des aliments séparément peut ainsi être estimée, tout au moins d'une manière approximative, par la méthode de substitution, soit respectivement 3374, 1880 et 2530 Kcal d'énergie digestible/kg pour le blé, la farine de luzerne déshydratée et le son de blé, correspondant à 3790, 2080 et 2970 Kcal par kg de matière sèche.

La variation de l'utilisation digestive de l'énergie en fonction du taux d'ingrédient cellulosique est en réalité la résultante de deux phénomènes agissant en sens inverse : d'une part, l'utilisation partielle, mais faible, des constituants cellulosiques (cellulose, hémicelluloses) par la voie de la dégradation microbienne, d'autre part, l'effet dépressif de ces derniers sur l'utilisation digestive des substances énergétiques (comme d'ailleurs des matières azotées) du reste de la ration. Il nous a donc paru intéressant d'étudier la relation entre le C.U.D. de l'énergie et le taux de cellulose brute, dosée par la méthode de WEENDE, qui sert de référence pour caractériser la fraction dite "indigestible" des aliments (fig. 1b). Pour un taux de cellulose brute donné, la dépression de la digestibilité est nettement plus accentuée avec le son de blé qu'avec la farine de luzerne, soit respectivement 4,3 et 1,95 % pour 1 % d'augmentation du taux de cellulose.

Il ressort des résultats précédents que la simple connaissance du taux de cellulose brute dans la ration ne permet pas d'estimer avec une précision suffisante l'utilisation digestive globale de cette dernière. Il convient de préciser, en fait, que la cellulose brute ne correspond qu'à une fraction

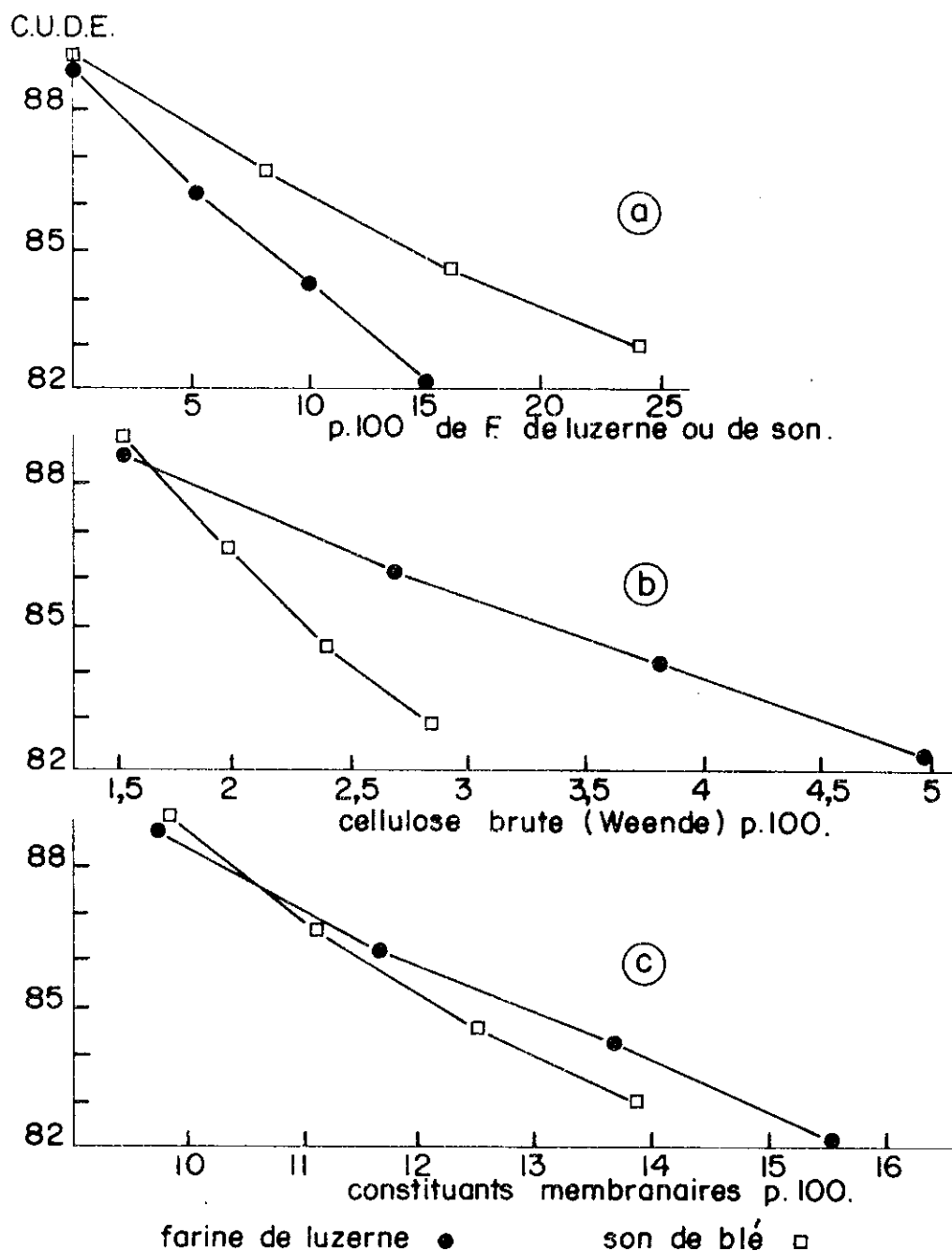


Fig. 1

Evolution du C.U.D. de l'Energie d'un régime à base de blé en fonction de :

- du pourcentage de F. de luzerne ou de son.
- du taux de cellulose brute.
- du taux de constituants membranaires.

seulement des constituants membranaires, une partie de la cellulose vraie et de la lignine, ainsi que la totalité des hémicelluloses en étant exclues. Il est parfaitement démontré (KEYS et VAN SOEST, 1967) que non seulement la cellulose, mais également les hémicelluloses, sont faiblement digérées par le porc. C'est pourquoi nous avons tenté de relier le C.U.D. de l'énergie à la totalité des constituants membranaires (cellulose + hémicelluloses + lignine), dosés suivant la technique récemment mise au point par VAN SOEST (fig. 1c). L'évolution du C.U.D. selon le taux de substances membranaires fait apparaître cette fois une différence relativement faible selon la nature de la source cellulosique.

En conclusion, la valeur énergétique d'un régime à base de céréales est fortement influencée par la teneur en constituants cellulosiques, qui non seulement ne sont que partiellement utilisés par le porc, mais qui provoquent en outre une dépression de l'utilisation digestive globale de la ration. La simple prise en considération de taux de cellulose brute ne permet pas d'estimer avec suffisamment de précision la valeur énergétique du régime. Il semble préférable, au contraire, de substituer à la cellulose brute, la totalité des constituants membranaires englobant la cellulose, les hémicelluloses et la lignine.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AXELSSON J., Arch. Tierernähr., 1955 - 5, 1
 KEYS J.E., VAN SOEST P.J., YOUNG E.P., U.S.D.A., Beltsville (Maryland), 1967
 NEHRING K., 1966, Arch. Tierernähr., 1966, 16, 77
 NEHRING K., SCHIEMANN R., HOFFMANN - 4e symposium sur le Métabolisme énergétique, Varsovie, 1967
 VAN SOEST P.J., J.A.O.A.C., 1963, 46, 829
 VAN SOEST P.J., WINE R.H., J.A.O.A.C., 1967, 50, 50