

A8403

PRÉVISION DE LA VALEUR ÉNERGÉTIQUE ET AZOTÉE DES SORGHOS A PARTIR DE LEURS TENEURS EN TANINS.

J.M PEREZ, D. BOURDON

I.N.R.A. - Station de Recherches sur l'Élevage des Porcs - Saint-Gilles - 35590 L'HERMITAGE

*Avec la collaboration technique de
Annick BLANCHARD, Martine FILLAUT, Nadine MEZIERE, Y. COLLEAUX,
Y. LEBRETON, R. LEVREL et A. ROGER*

INTRODUCTION

L'alimentation animale constitue le principal débouché du sorgho. Mais, les industriels français considèrent cette céréale comme une matière première hétérogène et ne l'incorporent qu'en quantité limitée dans les aliments destinés aux porcins. La sélection récente de nouvelles variétés pauvres en tanins, adaptées aux conditions françaises, peut relancer cette production, qui présente par ailleurs des avantages agronomiques dans certaines régions.

Différents facteurs sont susceptibles de faire varier la valeur nutritive de cette céréale (COHEN ET TANKSLEY, 1973 ; NOLAND *et al.*, 1977), mais les tanins semblent jouer un rôle primordial, si l'on se réfère aux nombreuses études déjà réalisées chez le rat et le poulet (CHANG ET FULLER, 1964 ; FEATHERSTON ET ROGLER, 1975 ; NELSON *et al.*, 1975 ; MARTIN-TANGUY *et al.*, 1976).

A cet égard, chez le porc, les travaux ont consisté le plus souvent à comparer l'efficacité alimentaire de régimes à base de sorgho pauvre ou riche en tanins (WALLACE *et al.*, 1974 ; COMBS et WALLACE, 1976 ; HAMMEL et JOHNSON, 1976 ; ALMOND *et al.*, 1979 ; KONDOS et FOALE, 1983 ; GROSJEAN et CASTAING, 1984). En revanche, les études de digestibilité sont rares (THRASHER *et al.*, 1975 ; COUSINS *et al.*, 1981). En particulier, aucun chercheur n'a essayé de relier la valeur énergétique des sorghos avec leurs teneurs en tanins. C'est précisément l'objet de la présente étude, où nous avons testé au cours de deux campagnes de récolte, plusieurs lots de sorghos à teneurs variables en tanins.

CARACTÉRISTIQUES DES MATIÈRES PREMIÈRES

Nous avons mesuré, au cours des campagnes de récolte 1980 et 1982, la valeur énergétique et azotée de six lots de sorgho en comparaison d'échantillons de maïs utilisés comme aliments témoins.

Les trois lots de sorgho de la récolte 1980 proviennent de la région de Toulouse, où ils ont été récoltés la même semaine et séchés à la ferme dans les mêmes conditions. Ils appartiennent aux variétés NK 121 (variété la plus représentée en France actuellement), NK 123 (variété ancienne riche en tanins), et à un mélange d'échantillons (à dominante NK 121).

En 1982, nous avons testé un lot de sorgho de variété Argence, réputée pour sa faible teneur en tanins, et provenant du Sud-Est de la France, ainsi que deux lots de sorgho de variétés NK 121 et Sultan produits dans le Sud-Ouest sur la même parcelle. Les principales caractéristiques des matières premières sont précisées dans le tableau 1.

TABLEAU 1
COMPOSITION CHIMIQUE DES MATIÈRES PREMIÈRES

| Céréales | Maïs | Sorgho | Sorgho | Sorgho | Maïs | Sorgho | Sorgho | Sorgho |
|-------------------------|-------|-----------------|----------------|----------------|-------|-----------------|----------------|----------------|
| Année | 1980 | mélange 1980 | NK 121 1980 | NK 123 1980 | 1982 | Argence 1982 | NK 121 1982 | Sultan 1982 |
| M. sèche | 88,8 | 87,6 | 87,6 | 87,8 | 86,5 | 85,2 | 87,2 | 85,8 |
| Composition % MS | | | | | | | | |
| Tanins (1) | — | 0,98 ± 0,09 | 1,09 ± 0,12 | 1,57 ± 0,17 | — | 0,21 ± 0,10 | 1,02 ± 0,07 | 1,48 ± 0,06 |
| M. organique | 98,7 | 98,4 | 98,3 | 98,2 | 98,8 | 98,4 | 98,5 | 98,3 |
| M.A.T. (N × 6,25) | 9,5 | 10,5 | 10,0 | 12,5 | 9,5 | 11,3 | 12,6 | 12,4 |
| M. grasses | 4,2 | 3,5 | 3,6 | 3,7 | 3,8 | 4,0 | 3,4 | 3,6 |
| Cellulose brute | 2,3 | 2,2 | 2,6 | 2,9 | 2,9 | 2,8 | 2,5 | 2,6 |
| N.D.F. | 9,6 | 10,6 | 11,0 | 11,5 | 13,3 | 10,9 | 14,4 | 14,7 |
| A.D.F. | 2,7 | 4,3 | 5,5 | 5,6 | 3,4 | 5,5 | 8,4 | 9,3 |
| E. brute, Kcal/kg MS | 4 420 | 4 430 | 4 440 | 4 465 | 4 505 | 4 490 | 4 520 | 4 515 |
| Ac. Aminés % MS | | | | | | | | |
| Lysine | 0,30 | 0,26 | 0,26 | 0,31 | 0,28 | 0,26 | 0,27 | 0,28 |
| Méthionine | 0,19 | 0,15 | 0,16 | 0,18 | 0,20 | 0,15 | 0,16 | 0,16 |
| Cystine | 0,26 | 0,19 | 0,15 | 0,18 | 0,21 | 0,18 | 0,19 | 0,19 |
| Thréonine | 0,37 | 0,35 | 0,36 | 0,42 | 0,33 | 0,35 | 0,40 | 0,40 |
| Glycine | 0,41 | 0,38 | 0,40 | 0,46 | 0,37 | 0,35 | 0,38 | 0,37 |
| Serine | 0,43 | 0,52 | 0,50 | 0,65 | 0,45 | 0,45 | 0,60 | 0,56 |
| Leucine | 1,28 | 1,47 | 1,40 | 1,68 | 1,07 | 1,64 | 1,70 | 1,75 |
| Isoleucine | 0,35 | 0,45 | 0,45 | 0,56 | 0,31 | 0,48 | 0,47 | 0,45 |
| Valine | 0,51 | 0,59 | 0,60 | 0,68 | 0,44 | 0,55 | 0,60 | 0,59 |
| Histidine | 0,27 | 0,25 | 0,26 | 0,31 | 0,24 | 0,27 | 0,29 | 0,28 |
| Arginine | 0,45 | 0,48 | 0,49 | 0,60 | 0,44 | 0,48 | 0,44 | 0,46 |
| Phénylalanine | 0,49 | 0,55 | 0,57 | 0,71 | 0,43 | 0,67 | 0,70 | 0,67 |
| Tyrosine | 0,41 | 0,46 | 0,42 | 0,60 | 0,38 | 0,43 | 0,50 | 0,43 |

(1) moyenne (± écart-type) des résultats d'analyses effectuées dans 6 laboratoires en 1982 et dans 3 laboratoires en 1980, exprimés en g d'acide tannique pour 100 g de matière sèche.

Les résultats présentés correspondent aux moyennes de 3 à 6 analyses différentes effectuées dans plusieurs laboratoires participant à une chaîne d'analyse dans le cadre d'une convention ONIC-BIPEA-ESAP-ITCF-INRA. Les tanins ont été dosés par la méthode au citrate d'ammonium ferrique : méthode K. DAIBER (1975) modifiée selon un protocole normalisé.

On observe que la composition chimique des échantillons de sorgho ne diffère sensiblement que pour leurs teneurs en tanins, qui s'échelonnent entre 0,21 et 1,57 % de la matière sèche.

MODALITÉS EXPÉRIMENTALES

Deux expériences de digestibilité ont été réalisées en 1980 (Essai I) et 1982 (Essai II), respectivement sur seize et vingt porcs mâles castrés de race Large White provenant du troupeau expérimental de l'I.N.R.A. Saint-Gilles.

A l'issue d'une période d'adaptation à la vie en cage individuelle, les animaux, d'un poids moyen initial de 36,6 kg, sont répartis selon les expériences en quatre lots de 4 ou 5 animaux homogènes d'après l'âge et le poids, et reçoivent leurs régimes respectifs.

Après une période d'accoutumance de sept jours aux aliments expérimentaux (période de précollecte), on procède durant dix jours consécutifs à la collecte totale des excréta (fèces et urine) suivant une méthodologie déjà décrite. Dans l'essai II, où l'on a procédé également à la mesure de la digestibilité apparente des acides aminés (résultats non présentés ici), les fèces ont été prélevées deux fois par jour et conservées à -15°C . Au cours de la période de collecte les animaux sont soumis à une alimentation équilibrée à raison de deux repas sous forme de farine humide par jour ; l'eau est distribuée à volonté en dehors des repas. Les régimes renferment 95 % de maïs ou de sorgho, le complément étant fourni sous forme de minéraux et de vitamines. La présence d'une seule source de matière organique permet d'estimer directement avec précision la valeur énergétique des céréales.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Les résultats moyens de digestibilité sont consignés dans le tableau 2. On observe de grandes variations de la digestibilité de l'énergie entre régimes : de 75 à 88 %. Il en est de même pour les coefficients d'utilisation digestive apparente (CUDa) de la matière sèche et de la matière organique qui évoluent parallèlement. La digestibilité apparente des matières azotées varie aussi considérablement : de 58 à 76 %. Pour tous les critères, les régimes à base de maïs s'avèrent plus favorables que ceux à base de sorgho ($P < 0,01$), mais on note également des écarts importants de digestibilité entre régimes selon le type de sorgho.

TABLEAU 2
COMPOSITION CHIMIQUE DES RÉGIMES ET RÉSULTATS MOYENS DE DIGESTIBILITÉ

| Expérience | I | | | | II | | | |
|-----------------------------|-----------|------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------|------------------------|-----------------------|-----------------------|
| | 1 Maïs | 2 Sorgho mélange | 3 Sorgho NK 121 | 4 Sorgho NK 123 | 5 Maïs | 6 Sorgho Argence | 7 Sorgho NK 121 | 8 Sorgho Sultan |
| Régimes Céréales (1) | | | | | | | | |
| Comp. chimique | | | | | | | | |
| M. sèche | 89,6 | 88,3 | 88,6 | 88,2 | 88,1 | 86,6 | 87,9 | 87,4 |
| M. organ. % MS | 94,5 | 93,6 | 93,9 | 94,2 | 93,6 | 93,4 | 93,4 | 92,9 |
| M.A.T. % MS | 8,4 | 9,4 | 11,6 | 8,9 | 9,0 | 10,4 | 11,3 | 11,3 |
| E. Brute, Kcal/kg MS | 4 146 | 4 167 | 4 232 | 4 143 | 4 233 | 4 243 | 4 288 | 4 282 |
| C.U.D. a (2) | | | | | | | | |
| M. sèche | 87,7 | 83,7 | 80,3 | 81,9 | 86,6 | 85,1 | 80,5 | 77,2 |
| M. organique | 91,0 | 87,1 | 83,3 | 85,5 | 89,5 | 88,6 | 84,0 | 80,3 |
| Energie | 88,3 | 83,9 | 79,4 | 81,1 | 86,3 | 84,8 | 79,4 | 75,2 |
| Azote | 73,8 | 64,5 | 64,3 | 62,2 | 75,7 | 68,7 | 62,8 | 58,5 |

(1) Les céréales rentrant dans la composition des régimes ont été récoltées en 1980 dans l'expérience I, et en 1982 dans l'expérience II

(2) C.U.D. a (coefficient d'utilisation digestive apparente) : absorbé \times 100/ingéré

Le maïs et le sorgho constituant la seule source de matière organique des régimes, nous avons déduit à partir des résultats précédents, les caractéristiques nutritionnelles des céréales seules qui figurent au tableau 3.

TABEAU 3
VALEUR ÉNERGÉTIQUE ET AZOTÉE DES CÉRÉALES

| Nature de la céréale | Année de récolte | Energie Digestible, Kcal/kg MS (1) | Energie Métabolisable, Kcal/kg MS (1) | C.U.D.a Energie (1) | C.U.D.a Azote (1) |
|----------------------|------------------|------------------------------------|---------------------------------------|---------------------|----------------------|
| Mais | 1980 | 3 890 ± 19 (1,0) | 3 809 ± 24 (1,3) | 88,0 ± 0,4 (1,0) | 73,8 ± 1,7 (4,7) |
| Sorgho mélange | 1980 | 3 716 ± 17 (0,9) | 3 622 ± 10 (0,6) | 83,8 ± 0,4 (0,9) | 64,5 ± 3,1 (8,4) |
| Sorgho NK 121 | 1980 | 3 579 ± 36 (1,7) | 3 488 ± 37 (1,8) | 80,7 ± 0,8 (1,7) | 64,3 ± 5,3 (16,6) |
| Sorgho NK 123 | 1980 | 3 557 ± 13 (0,8) | 3 477 ± 14 (0,8) | 79,7 ± 0,3 (0,8) | 62,2 ± 2,2 (6,2) |
| Mais | 1982 | 3 922 ± 15 (0,8) | 3 828 ± 17 (0,9) | 87,1 ± 0,3 (0,8) | 75,7 ± 0,8 (2,2) |
| Sorgho Argence | 1982 | 3 853 ± 29 (1,7) | 3 753 ± 28 (1,6) | 85,9 ± 0,6 (1,7) | 68,7 ± 1,6 (4,6) |
| Sorgho NK 121 | 1982 | 3 617 ± 18 (1,0) | 3 518 ± 19 (1,0) | 80,0 ± 0,4 (1,0) | 62,8 ± 2,9 (10,2) |
| Sorgho Sultan | 1982 | 3 456 ± 19 (1,0) | 3 355 ± 19 (1,0) | 76,6 ± 0,4 (1,0) | 58,5 ± 4,8 (16,6) |

(1) ± Ecart-type de la moyenne - Entre parenthèses, coefficient de variation

Les valeurs énergétiques (1) enregistrées dans cette étude avec le maïs (3 890 et 3 922 Kcal ED) corroborent les différentes estimations obtenues antérieurement dans notre laboratoire et sont en accord avec les valeurs de références retenues pour cette céréale (PEREZ *et al.*, 1978 ; tables I.N.R.A., 1984).

La comparaison des mesures effectuées sur les six échantillons de sorgho, fait apparaître une différence de 10 % (soit 400 Kcal) de la valeur énergétique entre lots extrêmes ; le sorgho de variété Argence, à faible teneur en tanins, ayant un contenu énergétique (3 853 Kcal ED) très proche (98 %) de celui du maïs.

Pour le sorgho, il est difficile de comparer nos résultats avec d'autres valeurs mesurées. En effet, les quelques données d'énergie digestible de la bibliographie (n = 12) s'échelonnent entre 3 483 Kcal (YEH *et al.*, 1971) et 4 144 Kcal (TAKAHASHI *et al.*, 1968), sans que l'on puisse relier ces variations importantes de valeur énergétique à un quelconque critère de composition chimique. Le plus souvent, les analyses des sorghos, dans les essais de digestibilité, comme d'ailleurs dans les tests de croissance, sont très incomplètes et les teneurs en tanins non précisées. Parfois, seule la couleur des grains est prise en compte pour apprécier leur richesse en tanins.

A partir de nos données expérimentales, nous trouvons une corrélation très étroite ($r = -0,92$, $P < 0,01$) entre la valeur énergétique des sorghos et leurs teneurs en tanins. Ainsi, comme l'illustre la figure 1, la valeur en énergie digestible diminue de manière linéaire à mesure que s'accroît le pourcentage de tanins. L'analyse de régression de l'E.D. sur le taux de tanins conduit à la relation suivante :

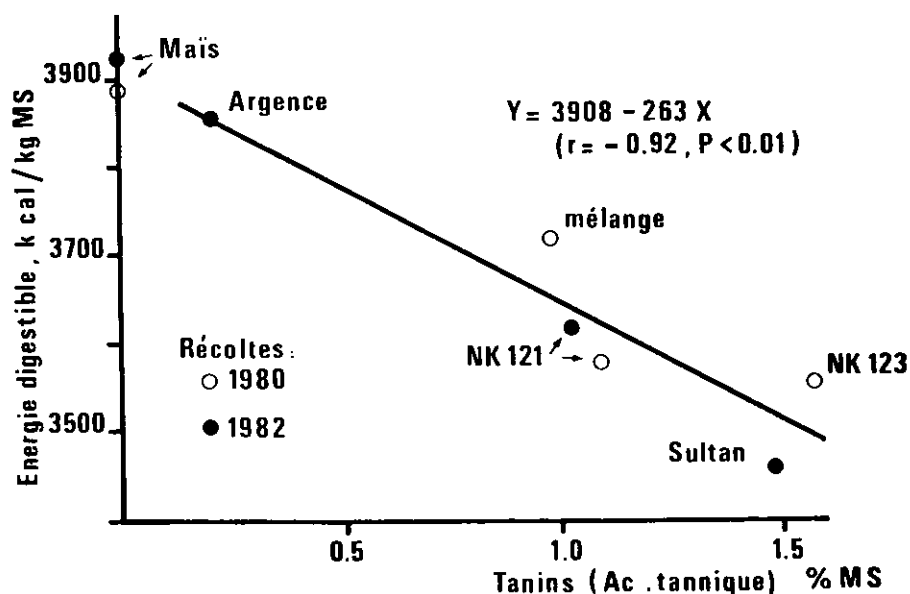
$$\text{E.D. (Kcal/kg MS)} = 3\,908 - 263 \text{ tanins (\% MS)}$$

$$(r = -0,92, P < 0,01, S_r = 60, CV_r = 1,7 \%)$$

(1) les valeurs énergétiques et les caractéristiques de composition figurant dans le texte sont toutes rapportées à la matière sèche.

FIGURE 1

VALEUR ÉNERGÉTIQUE DES SORGHOS EN FONCTION DE LEURS TENEURS EN TANINS.
(PEREZ *et al.*, 1984)



Cette équation permet de prévoir avec une bonne précision (CVr = 1,7 %) la valeur E.D. du sorgho en utilisant une correction de - 263 Kcal par point de tanins dans la matière sèche du grain.

On aboutit à une relation très voisine avec l'énergie métabolisable apparente :

$$\text{EMa (Kcal/kg MS)} = 3806 - 255 \text{ tanins (\% MS)}$$

$$(r = -0,90, P < 0,01, Sr = 66, CVr = 1,9 \%)$$

D'après ces relations, les tanins expliquent environ 80 % des variations de la valeur énergétique des sorghos. On sait que d'autres facteurs comme l'épaisseur des enveloppes, le type d'albumen ou la nature de l'amidon, peuvent aussi modifier la valeur alimentaire de cette céréale (COHEN et TANKSLEY, 1973 ; NOLAND *et al.*, 1977). Mais, nos résultats soulignent la prépondérance des tanins parmi les facteurs de variation. Il apparaît donc nécessaire de procéder à la détermination directe de ces derniers, si l'on veut apprécier en pratique la valeur alimentaire de lots commerciaux de sorghos. A cet égard, il faut insister sur le fait que les équations de prédiction précédentes sont indissociables de la méthode de dosage employée. Toute extrapolation à d'autres méthodes d'extraction des tanins serait abusive. La méthode au citrate d'ammonium ferrique utilisée dans notre étude (technique K. DAIBER modifiée), jugée peu sensible par certains auteurs, a le mérite d'être simple, reproductible et surtout bien corrélée avec l'utilisation par l'animal, aussi bien chez le porc (présente étude) que chez les volailles (LECLERCQ et LESSIRE, communication personnelle).

Comme pour la valeur énergétique, on note une forte corrélation négative entre le C.U.Da de l'énergie et le pourcentage de tanins qui s'exprime par la relation :

$$\text{C.U.Da E} = 87,32 - 5,88 \text{ tanins (\% MS)}$$

$$(r = -0,86, P < 0,01, Sr = 1,8, CVr = 2,2 \%)$$

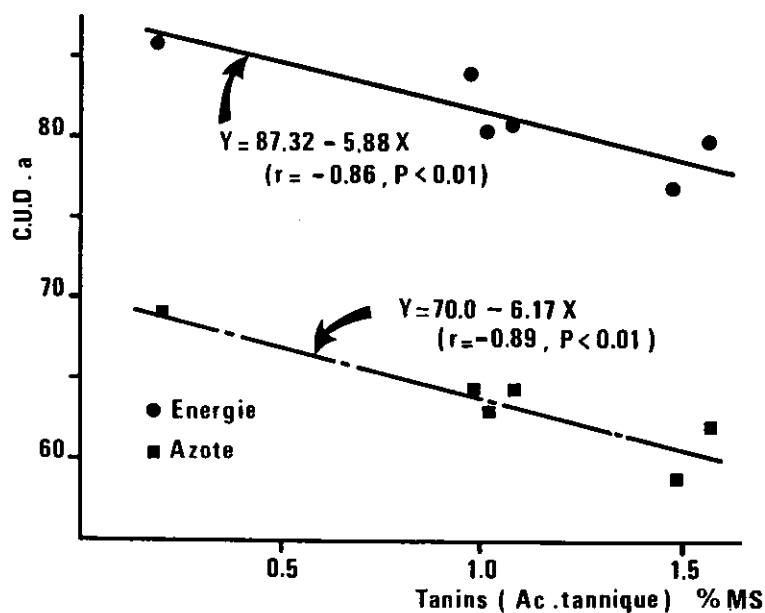
On obtient également une relation significative pour la digestibilité apparente de l'azote, mais la précision de l'estimation est moins bonne (CvR = 2,7 %), compte tenu d'une plus grande variabilité de réponse des animaux, en particulier avec les sorghos à fort pourcentage de tanins :

$$\text{C.U.D.a N} = 70,0 - 6,17 \text{ tanins (\% MS)}$$

$$(r = -0,89, P < 0,01, Sr = 1,7, \text{CvR} = 2,7 \%)$$

FIGURE 2

INFLUENCE DES TANINS SUR L'UTILISATION DIGESTIVE APPARENTE DE L'ÉNERGIE ET DE L'AZOTE DU SORGHOS.



Comme l'illustre la figure 2, ces deux dernières équations montrent que, dans notre étude, les tanins du sorgho ont un effet dépressif aussi marqué sur l'utilisation digestive apparente de l'énergie que sur celle de l'azote : soit une diminution de 6 points environ des coefficients de digestibilité par point de tanins dans la matière sèche. On aurait pu s'attendre à un effet plus prononcé des tanins sur l'utilisation de la fraction azotée des sorghos, en conformité avec les résultats obtenus chez le porc (THRASHER *et al.*, 1975) ou chez d'autres espèces animales (NELSON *et al.*, 1975 ; MARTIN-TANGUY *et al.*, 1976). Mais, nos observations rejoignent les conclusions de ALMOND *et al.*, (1979) et de COUSINS *et al.*, (1981). Ces divergences peuvent s'expliquer par l'emploi de méthodes très différentes pour caractériser et quantifier les composés phénoliques du sorgho.

En conclusion, les tanins apparaissent comme un facteur essentiel de variation de la valeur alimentaire des sorghos pour le porc, puisqu'ils expliquent à eux seuls environ 80 % des variations de la valeur énergétique et de la digestibilité des protéines de cette céréale. Nous proposons un moyen simple de prévision de la valeur énergétique du sorgho à partir de l'analyse des tanins, sur la base d'une correction de - 260 Kcal par point de tanins dans la matière sèche du grain.

REMERCIEMENTS

Cette étude a fait l'objet d'une convention de recherche et a bénéficié du soutien financier de l'O.N.I.C.

BIBLIOGRAPHIE

- ALMOND M., SMITH W.C., SAVAGE G.P., LAWRENCE T.L.J., 1979. Anim. Prod., 29, 143-150.
- CHANG S.I., FULLER H.L., 1964. Poult. Sci., 43, 30-36.

- COHEN R.S., TANKSLEY T.D., 1973. *J. Anim. Sci.*, **37**, 931-935.
- COMBS G.E., WALLACE H.D., 1976. *Anim. Sci. Res. Rep. AL-1976-3*, Florida.
- COUSINS B.W., TANKSLEY T. D., KNABE D.A., ZEBROWSKA T., 1981. *J. Anim. Sci.*, **53**, 1524-1537.
- DAIBER K., 1975. *J. Sci. Fd. Agric.*, **26**, 1399-1411.
- FEATHERSTON W.R., ROGLER J.C., 1975. *Nutr. Rep. Int.*, **11**, 491-497.
- GROSJEAN F., CASTAING J., 1984. *Journées Rech. Porcine en France*, **16** (sous presse).
- HAMMEL D.L., JOHNSON J.T., 1976. *Live Oak ARC Res. Rep. SW - 1976-2*, Florida.
- I.N.R.A., 1984. *L'alimentation des animaux monogastriques : porc, lapin, volailles*. I.N.R.A. ed. (sous presse).
- KONDOS A.C., FOALE M.A., 1983. *Anim. Feed Sci. Technol.*, **8**, 85-90.
- MARTIN-TANGUY J., VERMOREL M., LENOBLE M., MARTIN C., 1976. *Ann. Biol. anim. Bioch. Biophys.*, **16**, 879-890.
- NELSON T.S., STEPHENSON E.L., BURGOS A., FLOYD J., YORK J.O., 1975. *Poult. Sci.*, **54**, 1620-1623.
- NOLAND P., CAMPBELL D., SHARP R., 1977. *Anim. Feed Sci. Technol.*, **2**, 219-224.
- PEREZ J.M., BOURDON D., HENRY Y., 1978. *Bull. tech. Inf., Minist. Agric.*, n° **331**, 335-361.
- TAKAHASHI S., FURUYA S., JITSUKAWA Y., MORIMOTO M., 1968. *Bull. Nat. Inst. Anim. Ind.*, **17**, 1-8.
- THRASHER D.M., ICAZA E.A., LADD H.W., BAGLEY C.P., TIPTON K.W., 1975. *Louisiana Agriculture*, **19** (1), 10-11.