

EFFET DE L'INCORPORATION DE MANIOC DANS UNE RATION À BASE DE BLÉ SUR LA DIGESTIBILITÉ DES ACIDES AMINÉS CHEZ LE PORC

R. MAILLARD, M. DIOT, T. KIENER, Solange BERTRAND

Rhône-Poulenc Animal Nutrition - 03600 Commentry.

Avec la collaboration de Annie BOURBON, Geneviève CHARVY, Marie-France CONTAMINE, Irène DIOT, Madeleine DURON, Elisabeth DZYCZKO et M. GUILHOT

Produit essentiellement dans les pays tropicaux, le manioc, du fait de ses caractéristiques, a pris ces dix dernières années une place de plus en plus importante dans l'alimentation du porc. Les résultats de tests zootechniques et de digestibilité rapportés dans la littérature, diffèrent largement (troubles digestifs, baisse de performances, absence d'acides aminés digestibles ...).

Au Laboratoire de Nutrition Générale de Rhône-Poulenc Animal Nutrition, nous nous sommes proposés d'étudier la digestibilité des acides aminés d'un manioc et l'effet de celui-ci sur la digestibilité des autres acides aminés du régime. Pour ce faire, nous avons utilisé quatre porcs munis d'une anastomose iléo-rectale. Nous avons étudié quatre régimes à base de blé, contenant 0, 10, 20 ou 30 % de manioc. Les résultats de cet essai indiquent :

- que la digestibilité des acides aminés du manioc bien que positive est inférieure à celle du blé,
- que l'excrétion azotée endogène des animaux n'est pas modifiée lorsque le manioc est incorporé à l'aliment.

Ceci se traduit par une légère baisse de la digestibilité des acides aminés des régimes lorsque le taux de manioc augmente.

Effect of cassava on amino-acid digestibility in a pig diet

Produced mainly in the Tropics, cassava, due to its characteristics, has taken an important place in pig feeding for ten years. Results of zootechnic and digestibility tests found in the literature, vary a lot (digestive troubles, fall of performances, lack of digestive amino acids ...).

At the Nutrition Laboratory of RHONE POULENC ANIMAL NUTRITION, we have studied the amino acid digestibility in cassava and its effect on the digestibility of the other amino acids in the diet. Four pigs with an ileorectal anastomosis were used. Four diets based on wheat containing 0, 10, 20 and 30 % of cassava were studied. The results of this attempt show:

- amino acid digestibility of cassava was positive but lower than that of wheat,
- the nitrogenous endogenous losses of pigs were not modified when adding cassava in the diet.

Consequently, amino acid digestibility in the diet slightly decreases when the level of cassava increases.

INTRODUCTION

Le manioc (*Manihot Esculenta* = *Manihot Utilisima*), connu aussi sous le nom de tapioca, est une plante essentiellement cultivée dans les régions tropicales : Brésil, Thaïlande, Indonésie ... L'évolution des importations de manioc par la CEE (5 millions de tonnes en 1979, 6,8 millions de tonnes en 1987) traduit l'intérêt porté pour cette matière première par les professionnels de la nutrition animale. Son prix et ses caractéristiques (principalement source d'énergie), font qu'il est intéressant de le substituer aux céréales dans l'alimentation du porc. Le principal fournisseur est la Thaïlande avec 5,74 millions de tonnes en 1989.

Divers essais zootechniques (AUMAITRE, 1969; AUMAITRE, 1970; LE MEUR, 1978; GOMEZ, 1979; LATIMIER, 1980; PEREZ et al., 1981; WALKER, 1985) et études de digestibilité de l'azote ont été réalisés à ce sujet. Toutefois, les résultats trouvés dans la littérature sont extrêmement variables voire contradictoires. HENRY (1970), OKE (1984), PARTRIDGE (1984), LAPLACE et DARCY-VRILLON (1984), trouvent que la digestibilité de l'azote d'un régime diminue lorsque le taux de manioc augmente dans celui-ci. Allant dans ce sens, LAPLACE et DARCY-VRILLON (1984), NOBLET et al., (1990), émettent l'hypothèse qu'une augmentation des sécrétions endogènes est associée aux processus de digestion du manioc. De plus, (NOBLET et al., 1990) pensent que les matières azotées de cette matière première ne seraient pas dégradées au niveau de l'intestin grêle.

Il nous est donc apparu nécessaire de vérifier ces deux dernières hypothèses. A cet effet, nous avons conduit une expérience ayant pour objet la mesure de la digestibilité de l'azote et des acides aminés d'une ration à base de blé contenant différents taux de manioc chez le porc et de calculer les valeurs de digestibilité des acides aminés du manioc.

1. MATÉRIEL ET MÉTHODES

1.1. Animaux

Les remaniements bactériens qui se déroulent au niveau du gros intestin ne permettent pas d'évaluer la digestibilité de l'azote et des acides aminés. En effet, dans cette partie du tube digestif, les acides aminés ne peuvent plus être absorbés

(DARCY et al., 1982) et les différents produits azotés (amines, NH₃) d'origine bactérienne ne présentent aucune valeur nutritive pour l'animal (LOW, 1980; JUST et al., 1981; ZEBROWSKA, 1982; JUST, 1983). De plus, la quantité d'acides aminés absorbée à la fin de l'intestin grêle est étroitement corrélée à la quantité disponible pour la synthèse protéique (LOW et PARTRIDGE, 1981; JUST et al., 1985; LEIBHOLZ, 1985; MOUGHAN et SMITH, 1985; GREEN et KIENER, 1989). Ce sont les raisons pour lesquelles, nous avons effectué les mesures de digestibilité de l'azote et des acides aminés au niveau iléal selon la technique décrite par PICARD et al. (1984), GREEN et al. (1987) et MAILLARD et al. (1990).

Quatre porcs Large White, mâles castrés, frères de portée, d'un poids approximatif de 60 kg au début de l'expérimentation ont été utilisés. L'intervention chirurgicale a pour finalité la mise « hors-circuit » du gros intestin et de sa microflore. Pour ce faire, l'iléon est interrompu dans sa partie terminale à environ 10 cm de la valvule iléo-caecale. Cet iléon est suturé latéralement sur le rectum, le plus près possible du sphincter anal. En amont de cette suture, le colon distal est sectionné et de ce fait, le gros intestin est isolé du reste du tube digestif. Afin de permettre l'évacuation des fécès résiduelles et des gaz résultants des fermentations, une canule en T est placée dans la partie distale du colon interrompu et extériorisée au niveau de la paroi abdominale gauche de l'animal.

1.2. Matières premières

Nous avons testé quatre régimes (A, B, C et D) contenant respectivement 0, 10, 20 et 30 % de manioc. Le régime de base (A) est constitué de blé, d'amidon cru de maïs et d'un composé minéral et vitaminé (CMV). Le manioc testé provient de Chine. Les compositions de ces différentes matières premières sont indiquées dans les tableaux 1, 2 et 3. La composition des régimes expérimentaux est présentée dans le tableau 4. Le blé incorporé à raison de 66 % dans chacun des 4 régimes expérimentaux fournit un même apport protéique. Le régime A, régime de base, renferme en plus 30 % d'amidon cru de maïs et 4 % de composé minéral et vitaminé (CMV). L'amidon est substitué par le manioc dans les trois autres régimes à raison de 10, 20 et 30 % pour les régimes B, C et D respectivement. Une analyse bactériologique a aussi été réalisée (Laboratoire des Agriculteurs de France). Les résultats figurent dans le tableau 5.

TABLEAU 1
CARACTÉRISTIQUES DES MATIÈRES PREMIÈRES

	Amidon cru de maïs %	Manioc %	Blé %
Matière sèche	88	87,15	87,85
Azote	-	0,50	1,84
Protéines brutes	-	3,10	11,47
Cellulose brute	-	1,80	2,2
Matières minérales	-	1,61	?

TABLEAU 2
COMPOSITION DU MANIOC (%)

	Amidon	Glucose	Saccharose	NDF	ADF	HCN
Manioc	71,2	4,56	4,33	4,12	3,10	Néant

TABLEAU 3
COMPOSITION EN ACIDES AMINÉS DES MATIÈRES PREMIÈRES

Acides Aminés	Manioc		Blé	
	%	g/16 gN	%	g/16 gN
Acide Aspartique	0,16	5,16	0,60	5,24
Thréonine	0,08	2,58	0,35	3,06
Sérine	0,08	2,58	0,56	4,90
Acide Glutamique	0,39	12,5	3,72	32,40
Proline	0,06	1,93	1,16	10,10
Glycine	0,07	2,26	0,50	4,39
Alanine	0,11	3,55	0,42	3,70
Cystine	0,02	0,64	0,23	2,03
Valine	0,10	3,23	0,55	4,76
Méthionine	0,04	1,29	0,20	1,79
Isoleucine	0,07	2,26	0,43	3,74
Leucine	0,12	3,87	0,80	7,00
Tyrosine	0,05	1,61	0,36	3,11
Phénylalanine	0,08	2,58	0,53	4,64
Lysine	0,11	3,55	0,33	2,87
Histidine	0,04	1,29	0,21	1,86
Arginine	0,32	10,32	0,52	4,54
Total	1,90		11,47	

TABLEAU 4
COMPOSITION DES RÉGIMES EXPÉRIMENTAUX (%)

Matières premières	Régime A	Régime B	Régime C	Régime D
Blé	66	66	66	66
Amidon cru de maïs	30	20	10	0
Manioc	0	10	20	30
CMV	4	4	4	4

TABLEAU 5
ANALYSE BACTÉRIOLOGIQUE DU MANIOC

	Manioc
Germes totaux (dans 1 g)	4.500.000
Germes coliformes (dans 1 g)	100.000
Germes coliformes fécaux (dans 1 g)	100
Salmonelles (dans 25 g)	absence
Staphylocoques COA (dans 1 g)	absence
Spore clostridium SH2 (dans 1 g)	4
Clostridium perfringens (dans 1 g)	absence

1.3. Déroulement de l'essai

Pour réaliser cette expérience, nous avons utilisé un dispositif expérimental en carré latin. L'essai s'est donc déroulé sur 4 semaines avec 4 régimes et chaque animal a reçu un régime différent chaque semaine. Un repas unique composé de 1,8 kg d'aliment mélangé à de l'eau en quantité égale est distribué aux animaux pendant 7 jours. Le repas est consommé le matin. Un mélange polyvitaminé (1 g) et 5 g de chlorure de sodium, 5 g de bicarbonate de sodium sont additionnés dans la ration. La collecte des jus iléaux ne s'effectue que lors des dernières 48 heures, les 5 premiers jours étant une période d'adaptation de l'animal à son nouveau régime. A l'issue de ces 48 heures de récolte, les excréta de chacun des 2 jours sont homogénéisés séparément. Deux parties représentant chacune un même pourcentage, sont réunies, mélangées et broyées afin de réaliser un échantillon de 300 g qui sera lyophilisé. De façon à quantifier l'excrétion des acides aminés endogènes de chaque animal, un régime protéoprive (sans protéine) composé de 60 % de saccharose, 36 % d'amidon et 4 % de CMV leur a été distribué la semaine précédent l'essai.

1.4 Analyse des données

Les teneurs en matières sèches, azote et des différents acides aminés ont été déterminées pour les diverses matières premières ainsi que pour les jus iléaux. Ainsi, à partir de la définition de la digestibilité «réelle» et de ces mesures effectuées, nous avons pu calculer les valeurs de digestibilité «réelle» des acides aminés des régimes :

$$\text{Digestibilité «réelle»} = \text{AA ingéré} - \frac{(\text{AA excrété} - \text{AA endogène})}{\text{AA ingéré}} \times 100$$

AA = acide aminé

En ce qui concerne la digestibilité «réelle» de l'azote et des acides aminés du manioc, ces valeurs ont été calculées par analyse de régression linéaire. La formule citée précédemment est appliquée à chacun des acides aminés du manioc et après transformation de cette équation, nous obtenons la formule suivante comme l'avaient signalé KIENER et MARISCAL LANDIN (1989) :

$$\text{AA excrété} = \text{AA endogène} + (1 - \text{Dr}) \times \text{AA ingéré}$$

Dr = Digestibilité «réelle» du manioc

Ceci est l'équation d'une droite du type $y = ax + b$ dans laquelle y est la quantité totale excrétée de l'acide aminé considéré, x la quantité ingérée de cet acide aminé provenant du manioc et a la pente de la droite égale à : $1 - \text{Digestibilité «réelle»}$ de l'acide aminé du manioc (= $1 - \text{Dr}$). Dans le cas présent, b, ordonnée à l'origine de la droite, représente la valeur excrétée de cet

acide aminé du régime contenant 0 % de manioc, soit la valeur d'excrétion endogène de cet acide aminé à laquelle s'ajoute la quantité non absorbée de cet acide aminé provenant du blé. Le traitement statistique du carré latin (analyse de variance effectuée sur le logiciel STAT. ITCF) permet l'analyse de 19 variables : azote, 17 acides aminés et la somme des acides aminés. Les analyses sont conduites de façon à isoler les variations dues aux régimes, aux animaux et aux semaines expérimentales. Si des différences significatives apparaissent entre les régimes, le test de Newman et Keuls permet de comparer les moyennes des valeurs de digestibilité des variables deux à deux.

2. RÉSULTATS

2.1 Effet «période», effet «animal»

Un effet «période» est mis en évidence sur les acides aminés basiques (lysine, histidine, arginine), dicarboxyliques (acide aspartique, acide glutamique) ainsi que sur la sérine.

Un effet «animal» s'est dégagé sur toutes les variables à l'exception de l'isoleucine. Ceci s'explique par le fait que les valeurs d'acides aminés endogènes excrétés par les animaux sont très différentes d'un animal à l'autre.

2.2 Effet matière première

2.2.1 Digestibilité «réelle» des acides aminés des régimes

Les coefficients de digestibilité «réelle» des acides aminés des quatre régimes étudiés, ainsi que les résultats de l'analyse de variance, sont indiqués dans le tableau 6.

TABLEAU 6
DIGESTIBILITÉ «RÉELLE» DES ACIDES AMINÉS DES DIFFÉRENTS RÉGIMES

	Digestibilité réelle Régimes				Signification
	A	B	C	D	
Azote	91.0 a	90.3 a	88.8 b	88.2 b	**
A. Aspartique	85.8 a	84.6 a	82.0 b	81.3 b	**
Thréonine	88.8 a	89.1 a	86.0 ab	85.2 b	*
Sérine	93.4 a	93.0 a	91.1 b	90.4 b	**
A. Glutamique	96.8 a	96.6 a	95.9 b	95.4 b	**
Proline	98.2 a	98.2 a	96.9 b	96.3 b	*
Glycine	90.4 a	90.3 a	87.5 ab	85.9 b	*
Alanine	84.4 a	83.8 a	80.4 b	78.9 b	*
Valine	90.6 a	89.5 a	87.3 b	87.0 b	**
Isoleucine	90.2 a	89.2 a	87.9 a	82.7 b	*
Leucine	92.0 a	91.6 a	90.2 ab	89.0 b	**
Tyrosine	91.4 a	90.3 ab	88.7 bc	87.1 c	**
Phénylalanine	93.1 a	92.3 a	91.1 b	90.4 b	**
Lysine	83.0 a	81.3 ab	78.6 bc	76.9 c	**
Histidine	91.1 a	90.9 a	89.5 ab	88.3 b	**
Arginine	90.7 a	89.9 ab	88.9 b	89.5 ab	*
Cystine	93.8 a	93.4 a	91.8 b	91.7 b	*
Méthionine	88.9 a	88.4 ab	87.3 ab	86.7 b	*
SAA	93.0 a	92.5 a	91.0 b	90.0 b	**

Sur une même ligne, les valeurs ne portant pas les mêmes lettres sont significativement différentes

* : Effet significatif au seuil de 5 %

** : Effet significatif au seuil de 1 %

Quelle que soit la variable considérée, des différences significatives entre les valeurs de digestibilité des quatre régimes sont détectées. Pour thréonine, proline, glycine, alanine, isoleucine, arginine, cystéine et méthionine, ces différences sont significatives au seuil de 5 %. Pour toutes les autres variables, elles le sont au seuil de 1 %. De plus, dans tous les cas, on observe une diminution des valeurs de digestibilité «réelle» lorsque le taux de manioc augmente dans le régime, que ces valeurs soient ou non significativement différentes.

2.2.2 Digestibilité «réelle» de l'azote, des acides aminés et de la somme des acides aminés (SAA) du manioc

Les résultats des analyses de régression linéaire relatifs à la digestibilité «réelle» de l'azote, des acides aminés et de la somme des acides aminés du manioc sont indiqués dans le tableau 7.

TABLEAU 7
ANALYSE DES RÉGRESSIONS ($Y = aX + b$) :
(Y = excrétion totale ; X = ingéré apporté par le manioc)

	a	E.T	b	E.T	R	Dr
Azote	0.3125	0.0530	7.9610	0.1775	0.8444	0.688
Ac. ASP	0.3289	0.1019	3.6498	0.1098	0.6532	0.671
THR	0.3116	0.1277	1.9825	0.0688	0.5463	0.688
SER	0.3248	0.1466	1.7938	0.0790	0.5096	0.675
Ac. GLU	0.1827	0.0672	4.9197	0.1765	0.5878	0.817
PRO	0.7323	0.2611	1.7159	0.1055	0.5997	0.268
GLY	0.4875	0.1879	2.4171	0.0886	0.5699	0.513
ALA	0.3610	0.1178	2.6638	0.0873	0.6336	0.639
VAL	0.2651	0.0870	2.4824	0.0586	0.6315	0.735
ILE	0.7061	0.2128	1.8683	0.1003	0.6634	0.294
LEU	0.2546	0.0847	2.9409	0.0684	0.6265	0.745
TYR	0.3367	0.1107	1.4250	0.0373	0.6307	0.663
PHE	0.2364	0.0841	1.7093	0.0453	0.6005	0.764
LYS	0.3568	0.1210	2.2564	0.0896	0.6190	0.643
HIS	0.2394	0.1173	0.8581	0.0316	0.4790	0.761
ARG	0.0915	0.0374	2.1916	0.0807	0.5472	0.909
CYS	0.3826	0.2339	0.7829	0.0315	0.4006	0.617
MET	0.1773	0.1414	0.8493	0.0381	0.3178	0.823
SAA	0.2778	0.0810	36.5055	1.0366	0.6756	0.722

E.T = écart type

R = coefficient de corrélation

Dr = valeur de digestibilité «réelle» pour le manioc = $1 - a$

A l'exception de l'arginine, toutes les valeurs de digestibilité «réelle», de l'azote, des acides aminés et de la somme des acides aminés du manioc sont inférieures à celles du blé, fournies par le régime A contenant 0 % de manioc. Les coefficients de corrélation sont relativement faibles et très variables, allant de 0,31 pour la méthionine à 0,84 pour l'azote.

A la vue de ces résultats, il apparaît déjà que le manioc contient des acides aminés digestibles. L'azote et les acides aminés du manioc sont donc plus ou moins absorbés au cours de leur transit dans l'intestin grêle. Par conséquent, nous ne pouvons pas considérer que d'un point de vue nutritionnel, cette matière première n'apporte pas d'azote et d'acides aminés digestibles.

3. DISCUSSION

Le manque de précision de certaines valeurs de digestibilité des acides aminés du manioc peut venir du fait que les teneurs en acides aminés venant du manioc dans les régimes expéri-

mentaux sont faibles. Le dosage de certains acides aminés, indépendamment du laboratoire d'analyse, est difficile à réaliser. Il est alors compréhensible que dans ces conditions, les analyses soient plus ou moins précises. C'est le cas pour la proline et les acides aminés soufrés. Le dosage de la proline n'est pas aussi fiable que celui des autres acides aminés alors que pour la méthionine et la cystéine, une variabilité supplémentaire est introduite par le fait que ces deux acides aminés doivent être transformés en méthionine sulfone et en acide cystéique avant d'être dosés. A l'inverse, l'azote est une substance que l'on dose de façon précise. De plus, sa teneur comparée à celle des acides aminés est la plus élevée. Cela nous permet d'obtenir pour cette variable, des résultats relativement précis. Il en est de même pour l'acide glutamique, la valine, la leucine, la phénylalanine, l'arginine et la somme des acides aminés.

L'azote et la lysine étant les composés les plus importants lors de la formulation d'un régime chez le porc, nous avons décidé de tracer trois droites pour chacun d'eux. Elles sont représentées sur la figure 1 et 2.

FIGURE 1
DIGESTIBILITÉ RÉELLE DE L'AZOTE

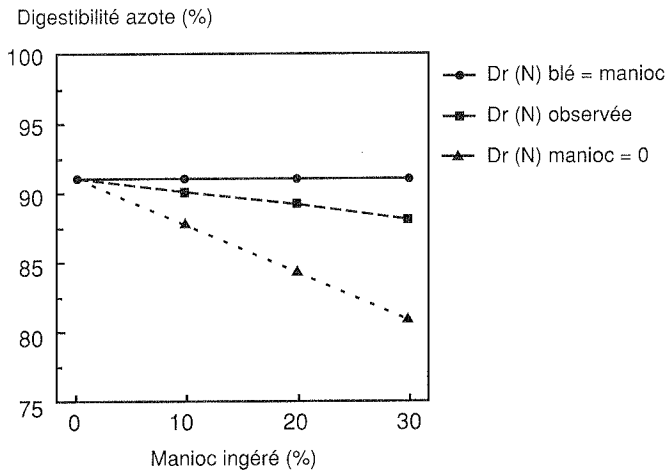
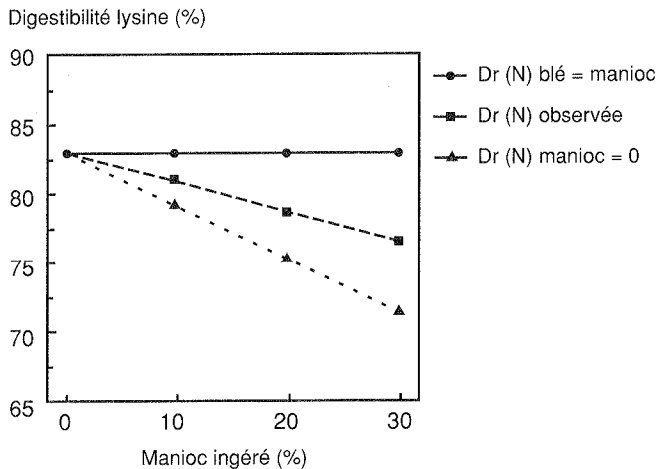


FIGURE 2
DIGESTIBILITÉ RÉELLE DE LA LYSINE



la première droite (—) est tracée en considérant que les digestibilités réelles de l'azote et de la lysine dans le blé sont égales à celles du manioc pour ces deux paramètres. La deuxième droite (- - -) est une régression calculée à partir des valeurs de digestibilité réelle expérimentales alors que pour la troisième droite (....), nous considérons que la digestibilité de l'azote et de la lysine sont nulles dans le manioc.

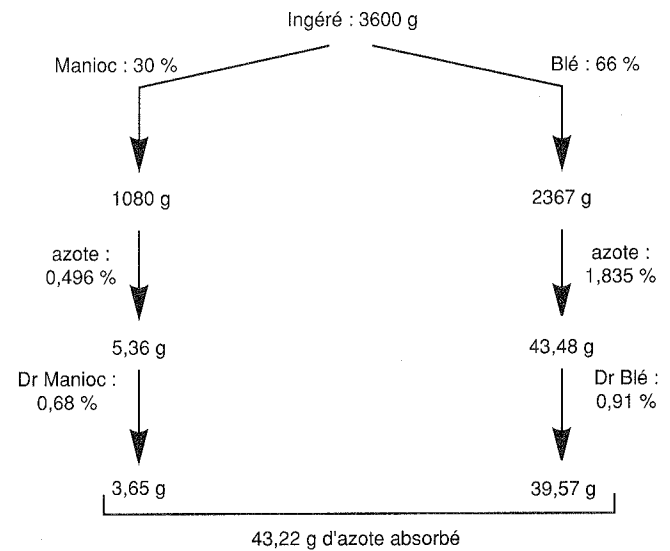
Les tracés des droites de régression que nous avons obtenus pour les digestibilités de l'azote et de la lysine, montrent clairement que les digestibilités «réelles» de ces 2 variables ne sont ni négatives, ni même nulles. Ces digestibilités réelles sont seulement inférieures ou égales (pour l'arginine) à celle du blé.

On comprend donc maintenant, pourquoi les valeurs de digestibilité «réelle» de l'azote, des acides aminés et de la somme des acides aminés pour l'ensemble de la ration, diminuent lorsque le pourcentage de manioc augmente. Les équations de ces 2 droites de régression nous indiquent d'ailleurs comment évoluent les digestibilités de l'azote et de la lysine : un apport de 10 % de manioc dans le régime s'accompagne d'une diminution de la digestibilité réelle de 1 % pour l'azote et de 2,1 % pour la lysine.

Le tableau 6 nous montre les valeurs de digestibilité de l'azote,

des acides aminés et de la somme des acides aminés des quatre régimes, le tableau 7 celles du manioc. La digestibilité de l'azote du blé nous est donnée par le régime A. Si les valeurs de digestibilité de ces 2 matières premières sont additives, nous devons retrouver par le calcul les valeurs de digestibilité obtenues expérimentalement pour chacun des régimes. La figure 3 nous indique les résultats du calcul pour la digestibilité de l'azote du régime D (30 % de manioc). Nous constatons que ces deux valeurs sont identiques. Ces résultats signifient donc que le principe d'additivité des valeurs de digestibilité n'est pas remis en question dans le cadre de notre expérimentation.

FIGURE 3
CALCUL DE LA DIGESTIBILITÉ RÉELLE DE L'AZOTE DU RÉGIME D



$$\text{Dr azote calculée} = \frac{43,22}{43,48 + 5,36} \times 100 = 88,40 \%$$

$$\text{Dr azote mesurée} = 88,20 \%$$

CONCLUSION

Nos résultats expérimentaux montrent :

- une diminution des valeurs de digestibilité «réelle» de l'azote et des acides aminés lorsque le taux de manioc augmente dans le régime ce qui est en accord avec LAPLACE et DARCY-VRILLON (1984), PARTRIDGE (1984) et en opposition avec AUMAITRE (1969).
- que la digestibilité iléale de la protéine du manioc que nous avons étudiée n'est pas nulle ce qui va à l'encontre de NOBLET et al. (1990) qui signalent une dégradation et une absorption des matières azotées du manioc localisées uniquement au niveau du gros intestin.
- que la conservation du principe d'additivité des valeurs de digestibilité des protéines du blé et du manioc ne nous permet pas de suspecter un éventuel accroissement des sécrétions protéiques endogènes ce qui infirme l'hypothèse émise par LAPLACE et DARCY-VRILLON (1984) et NOBLET et al. (1990).

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AUMAITRE A., 1969. Ann. Zootech., 18, (4), 385-398
- AUMAITRE A., 1970. Journées Rech. Porcine en France, 2, 97-103
- DARCY B., DUEE P.M., RERAT A., 1982. Cycle approfondi d'alimentation animale, INAPG.
- GOMEZ G., 1979. World Animal Review, 29, 13-20.
- GREEN S., BERTRAND S., DURON M., MAILLARD R., 1987. J. Sci. Food Agric., 41, 29-43.
- GREEN S. KIENER T., 1989. Anim. Prod., 48, 157-179.
- HENRY Y., 1970. Ann. Zootech., 19, (2), 117-141.
- JUST A., JORGENSEN H., FERNANDEZ J.A., 1981. Br. J. Nutr., 46, 209-219.
- JUST A., 1983. Les Colloques de l'INRA, 289-309.
- JUST A., JORGENSEN H., FERNANDEZ J.A., 1985. Livestock Prod. Sci., 12, 145-159.
- KIENER T., MARISCAL LANDIN G., 1989. Journées Rech. Porcine en France, 21, 23-30.
- LAPLACE J.P., DARCY-VRILLON B., 1984. Ann. Zootech., 33, (4), 489-508.
- LATIMIER P., 1980. Journées Rech. Porcine en France, 12, 265- 272.
- LEIBHOLZ J., 1985. Br. J. Nutr., 53, 137-147.
- LE MEUR D., 1978. A la pointe de l'élevage, 19-21.
- LOW A. G., 1980. J. Sci. Food Agric., 31, 1087-1130.
- LOW A. G., PARTRIDGE I.G., 1981. Proceedings of the VI International Symposium on Amino acids, Serock, Pologne, 77-87.
- MAILLARD R., KIENER T., BERTRAND S., 1990. Journées Rech. Porcine en France, 22, 223-228.
- MOUGHAN P.J., SMITH, 1985. New Zealand J. Agric. Res., 28, 365-370.
- NOBLET J., DUPIRE C., FORTUNE H., 1990. Journées Rech. Porcine en France, 22, 229-236.
- OKE O.L., 1984. Nutrition Abstr. and Rev. Série B, 54, n° 7, 301-313.
- PARTRIDGE I.G., 1984. Anim. Feed Sci. and Tech., 12, 119-123.
- PEREZ J.M., CASTAING J., GROSJEAN F., CHAUVEL J., BOURDON D., LEUILLET M., 1981. Journées Rech. Porcine en France, 13, 125-144.
- PICARD M., BERTRAND S., GENIN F., MAILLARD R., 1984. Journées Rech. Porcine en France, 16, 355-360.
- WALKER N., 1985. Animal Production, 40, 345-350.
- ZEBROWSKA T., 1982. Les colloques de l'INRA, 225-236.