

A8106

VALEUR ÉNERGÉTIQUE DE DEUX TYPES DE MANIOC ET UTILISATION COMPARÉE DANS LES RÉGIMES DU PORC EN CROISSANCE ET DU PORCELET : SYNTHÈSE DES RÉSULTATS D'UNE ÉTUDE CONCERTÉE, I.N.R.A. - I.T.C.F. - I.T.P. (*)

J.M. PEREZ (1), J. CASTAING (2), F. GROSJEAN (3), J. CHAUVEL (4),
D. BOURDON (1), M. LEUILLET (3)

(1) I.N.R.A. - Station de Recherches sur l'Élevage des Porcs, Centre de Rennes-St Gilles, 35590 L'HERMITAGE

(2) A.G.P.M., 1, place S. de Lestapis, 64000 PAU

(3) I.T.C.F., 8, avenue Président Wilson, 75116 PARIS Cédex

(4) I.T.P., 149, rue de Bercy, 75595 PARIS Cédex 12

I - INTRODUCTION

Le manioc est devenu en quelques années le principal produit de substitution des céréales en alimentation animale, compte tenu de son prix attractif sur le marché de la C.E.E. (importations de 5 millions de tonnes en 1979). Cela a suscité un certain nombre d'études techniques de la part des fabricants d'aliments, qui malheureusement sont restées pour la plupart confidentielles. En l'absence de références précises, les propos les plus divergents ont été tenus sur l'intérêt d'introduire du manioc dans les aliments porcins. Le manque d'information sur la valeur énergétique de ce produit, ajouté à sa grande variabilité de composition, a accentué la confusion dans l'esprit des utilisateurs.

Les données bibliographiques sur les caractéristiques du manioc sont très abondantes ; beaucoup moins nombreuses sont celles qui traitent de la valeur alimentaire pour le porc, et notamment de sa valeur énergétique. Ceci est paradoxal dans la mesure où l'avantage économique du manioc, comme produit de substitution des céréales, dépend pour une large part de la valeur énergétique qu'on lui attribue. Encore plus rares sont les travaux, qui associent parallèlement à des études de digestibilité, des essais de substitution sur des lots importants d'animaux. Les études sur l'utilisation du manioc ont été réalisées principalement en Asie du Sud-Est (HEW et HUTAGALUNG, 1972 ; MÜLLER et al., 1974 en Malaisie ; KHAJARERN et al., 1977 en Thaïlande), en Afrique (OYENUGA, 1961 au Nigéria), en Amérique Centrale et du Sud (VELLOSO et al., 1967 au Brésil ; SHIMADA et al., 1971 au Mexique ; MANER et GOMEZ, 1973 en Colombie) et aussi en Europe (HANSEN, 1964 au Danemark ; BOEVE et al., 1973 aux Pays-Bas ; AUMAITRE, 1969 ; LEMEURE, 1979 ; LATIMIER, 1980 en France). La revue d'une centaine de travaux sur le sujet (dont les principales références sont indiquées à la fin du texte) ne permet pas de tirer des conclusions claires sur l'utilisation du manioc par le porc. Les résultats apparaissent en effet souvent contradictoires d'une étude à l'autre et sont en outre difficilement interprétables, la composition des produits testés étant rarement précisée ou de manière très imparfaite. De plus, les matières premières utilisées dans ces études sont la plupart du temps éloignées par leurs caractéristiques, des types et/ou des formes de présentation des maniocs disponibles actuellement sur le marché européen.

Dans ce contexte il nous a paru important, dans le cadre d'une action concertée I.N.R.A. - I.T.C.F. - I.T.P., de conjuguer nos moyens expérimentaux pour améliorer nos connaissances sur la valeur d'utilisation de ce produit chez le porc. Deux types de manioc d'origine, de composition et de qualité bactériologique différentes ont été comparés, d'une part au cours d'une étude de digestibilité (I.N.R.A., expérience A), et d'autre part dans trois essais zootechniques (I.T.C.F. ; I.T.P.) à la fois chez le porc en croissance (essais B et C) et chez le porcelet (essai D).

Nous présenterons ici les principaux résultats de cette étude concertée.

(*) Cette étude a fait l'objet d'une convention entre ces trois organismes, (Décembre 1978).

II - CARACTÉRISTIQUES DES MATIÈRES PREMIÈRES

II 1 - ORIGINE ET PRÉPARATION DES LOTS

Les mêmes lots de matières premières ont été utilisés dans les quatre essais :

- **Le maïs** provient d'un organisme stockeur du sud-ouest (récolte 1978).
- **Le tourteau de soja** de type 50, est d'origine U.S.A.
- **Le manioc 1** en provenance de Thaïlande, correspond à un lot commercial tout venant acheté au port de Bordeaux en une seule livraison de 12 tonnes. Il se présente sous forme de "pellets", avec les caractéristiques commerciales suivantes : minimum 65 % d'amidon, maximum 5 % de cellulose, 3 % de sable et 14 % d'humidité.
- **Le manioc 2** est une farine blutée, préparée à partir de racines de manioc originaires d'Afrique orientale (Malawi). La préparation du lot a été la suivante : les racines ont été concassées à leur arrivée au port du Havre, ensuite broyées très finement (grilles de 1,5 mm), puis blutées par passage sur trois bluteries de 16 tamis chacune (mailles de 100 microns) et enfin débarassées des traces de fer venant du broyage par passage sur aimants. La farine a en outre subi un traitement sanitaire de désinfection à l'aide d'oxyde d'éthylène à raison de 500 g/m³ pendant 72 heures.

II 2 - COMPOSITION CHIMIQUE

Les principaux résultats d'analyse sont rassemblés dans le tableau 1. Les dosages ont été répétés, selon leur nature, de 5 à 12 fois sur des échantillons différents, de façon à caractériser parfaitement les lots de matières premières utilisés.

TABEAU 1
COMPOSITION CHIMIQUE DES MATIÈRES PREMIÈRES
(EXPÉRIENCES A, B, C et D)

	Maïs	Tourteau de soja	Manioc 1 (Thaïlande)	Manioc 2 (Malawi)
Matière sèche %	85,7	88,5	87,2	87,2
Composition % M.S.				
Matières azotées (1)	9,6	52,9	3,0	1,5
Lysine (2)	0,28	3,29	0,10	0,05
Méthionine + Cystine (3)	0,42	1,59	0,07	0,03
Amidon (Ewers) (1)	—	—	74,8 ± 2,4	84,7 ± 0,6
Sucres totaux (1)	—	—	3,0	4,0
Matières grasses	4,3	2,4	0,8	0,7
Cellulose Weende (4)	2,0	5,3	3,8 ± 0,4	1,7 ± 0,1
Matières minérales (1)	1,4	6,9	5,1 ± 0,2	2,4 ± 0,1
Calcium	0,01	0,20	0,23	0,11
Phosphore	0,31	0,74	0,11	0,06
Insoluble Chlorhydrique (1)	—	—	1,8	1,1
Acide Cyanhydrique, ppm (1)	—	—	41,1	58,3
Énergie brute, Kcal/Kg MS	4533	4586	3940	4050

(1) Moyenne des résultats de 5 à 8 analyses.

(2) Teneurs en lysine mesurée pour le tourteau de soja (5 analyses), estimée par régression d'après MOSSE et BAUDET pour le maïs, et d'après les tables A.E.C. pour les maniocs, en tenant compte des résultats d'analyse des matières azotées.

(3) Teneurs en méthionine + cystine mesurée pour le tourteau de soja (5 analyses) estimée pour le maïs (4,4 g/16 g N) et les maniocs (tables A.E.C.) en tenant compte des résultats d'analyse des matières azotées.

(4) Moyenne (± écart type) des résultats de 12 analyses pour les maniocs.

Les deux types de manioc apparaissent bien différenciés sur le plan analytique. Le manioc 1 (Thaïlande) renferme 10 points d'amidon de moins que le manioc 2 originaire du Malawi, et présente une teneur double en cellulose brute (3,8 contre 1,7 %) et en matières minérales (5,1 contre 2,4 %). Les teneurs en silice (insoluble chlorhydrique) sont faibles dans les deux cas, mais supérieures avec le manioc 1 (1,8 contre 1,1 %). Les taux d'acide cyanhydrique sont comparables pour les deux lots de manioc (41 et 58 ppm) ; ces valeurs, bien que non négligeables, sont loin des seuils de toxicité. Le manioc 1, qui renferme (par rapport au produit brut) 65 % d'amidon, conformément aux garanties commerciales, est un produit de qualité moyenne, mais néanmoins supérieure à celle d'un manioc de type courant. En particulier les teneurs en cellulose brute et en silice sont inférieures aux valeurs moyennes généralement enregistrées avec les manioc de Thaïlande présentés sous forme de "pellets". Le manioc 2 qui contient 77 % d'amidon + sucres (par rapport au brut) est un produit de très haute gamme. Les teneurs correctes en sucres éthanolo-solubles observées pour les deux maniocs (3 et 4 %) sont de bons indicateurs de l'absence de fermentation.

II 3 - ANALYSE BACTÉRIOLOGIQUE ET RECHERCHE DES MYCOTOXINES

TABEAU 2
QUALITÉ BACTÉRIOLOGIQUE DES MANIOCS : ÉVOLUTION AU COURS DU STOCKAGE
(Résultats d'analyse exprimés par gramme de produit)

	Début stockage	1 ^{er} mois	2 ^e mois
MANIOC 1 (Thaïlande)			
Germes aerobies après 24 h à 37°	22 400 000	14 100 000	25 800 000
Germes aerobies après 72 h à 22°	22 400 000	12 400 000	23 000 000
Bactéries coliformes (lactose Broth)	10	Néant	Néant
Escherichia coli (Mac Kenzie)	Néant	Néant	Néant
Streptocoques fécaux (Litsky et Buttiaux)	1 000	100	10
Staphylocoques pathogènes (Chapman)	Néant	Néant	Néant
Recherche Salmonelles sur 25 G (Sélénite)	Négative	Négative	Négative
Clostridium sulfito-réducteurs (W. Blair)	25	3	250
Levures sur eau de levure	100 < N < 1 000	Néant	Néant
Observations	Teneur un peu élevé en germes banaux	Charge bactériologique courante	Présence notable de clostridium sulfito-réducteurs
MANIOC 2 (Malawi)			
Germes aerobies après 24 h à 37°	2 000	< 1 000	5 400
Germes aerobies après 72 h à 22°	3 400	1 000	6 200
Bactéries coliformes (lactose Broth)	Néant	Néant	Néant
Escherichia coli (Mac Kensie)	Néant	Néant	Néant
Streptocoques fécaux (Litsky et Buttiaux)	Néant	Néant	Néant
Staphylocoques pathogènes (Chapman)	Néant	Néant	Néant
Recherche Salmonelles sur 25 G (Sélénite)	Négative	Négative	Négative
Clostridium sulfito-réducteurs (W. Blair)	Néant	Néant	Néant
Levures sur eau de levure	Néant	Néant	Néant
Observations	Flore bactérienne quasiment nulle	Flore bactérienne quasiment nulle	Flore bactérienne quasiment nulle

Des analyses **bactériologiques** ont été effectuées au laboratoire municipal de Bordeaux à la réception des lots de maniocs et chaque mois au cours du stockage. Les résultats de ces contrôles figurent au tableau 2. Ils indiquent pour le manioc 1 en "pellets" (Thaïlande) une teneur un peu élevée en germes banaux en début de stockage et une présence notable de *Clostridium sulfito-réducteurs* après deux mois de conservation. Pour le manioc 2 (Malawi) la flore bactérienne demeure pratiquement nulle pendant toute la durée du stockage, traduisant l'efficacité du traitement initial de désinfection et l'excellente conservation du produit. Le manioc 2 du Malawi apparaît donc comme un lot de qualité exceptionnelle, à la fois sur le plan de la composition chimique et de la qualité bactériologique, conformément à l'objectif que l'on s'était fixé dans le choix des matières premières pour cette étude.

Une recherche de **mycotoxines** a également été effectuée, au laboratoire d'analyse de l'U.C.A.A.B., par la technique de multidétection d'Eppeley en vue de contrôler la présence éventuelle de zéaralénone, aflatoxines, ochratoxine, T 2 toxine, et diacétoxyscirpenol (DAS). En début de stockage, on a décelé la présence de zéaralénone dans le lot de manioc 1 (Thaïlande), mais à un taux relativement bas (300 ppb). Ultérieurement en cours de conservation, aucun des deux lots de manioc ne renfermait de mycotoxines et les analyses mycologiques se sont toujours révélées négatives.

III - ÉTUDE DE DIGESTIBILITÉ (EXPÉRIENCE A)

III 1 - MODALITÉS EXPÉRIMENTALES

Vingt porcs mâles castrés de race Large White sont placés en cage de digestibilité et sont soumis pendant dix jours à un régime identique (période d'adaptation à la vie en cage individuelle). A l'issue de cette période les porcs, d'un poids moyen initial de 30,1 Kg et âgés de 91 jours, sont répartis en 5 lots de quatre animaux, homogènes d'après l'âge et le poids suivant un dispositif en blocs complets, et reçoivent leurs régimes respectifs :

- lot 1 : témoin Maïs-Tourteau de soja (régime de base)
- lot 2 : régime de base (72 %) + 25 % Manioc 1
- lot 3 : régime de base (47 %) + 50 % Manioc 1
- lot 4 : régime de base (72 %) + 25 % Manioc 2
- lot 5 : régime de base (47 %) + 50 % Manioc 2

Après une période d'accoutumance de 7 jours aux aliments expérimentaux (période de pré-collecte), on procède durant 10 jours consécutifs à la collecte totale et séparée des excréta (féces et urine). Au cours de cette période les animaux sont soumis à une alimentation égalisée à raison de trois repas sous forme de farine humide par jour ; l'eau est fournie à volonté au cours d'une distribution supplémentaire.

La composition des régimes figure au tableau 3.

TABLEAU 3
COMPOSITION DES RÉGIMES (ÉTUDE DE DIGESTIBILITÉ)

LOTS	1	2	3	4	5
RÉGIMES	TÉMOIN	MANIOC 1 (Thaïlande)		MANIOC 2 (Malawi)	
Composition centésimale					
Régime de base (1)	97	72	47	72	47
Manioc 1 (Thaïlande)	—	25	50	—	—
Manioc 2 (Malawi)	—	—	—	25	50
Minéraux, vitamines (2)	3	3	3	3	3
Résultats d'analyse					
Matière sèche %	88,8	88,9	89,4	89,1	89,4
Matières azotées % M.S.	17,1	13,1	10,0	13,0	9,2
Matières minérales % M.S.	5,8	6,3	6,8	5,6	5,4
Énergie brute, Kcal/Kg M.S.	4346	4237	4097	4199	4142

(1) Mélange renfermant 76,3 % de maïs et 23,7 % de tourteau de soja.

(2) BOURDON et al. (1980).

III 2 - RÉSULTATS DE DIGESTIBILITÉ

Les résultats moyens de digestibilité et les performances enregistrées au cours de la période de bilan, sont présentés dans le tableau 4. L'introduction de manioc dans les régimes jusqu'au taux de 50 %, n'a pas limité la consommation des animaux qui s'est maintenue après son ajustement en fin de période de pré-collecte, à un niveau normal et identique pour tous les lots conformément au protocole. Les écarts observés entre régimes, pour la vitesse de croissance et l'efficacité alimentaire, s'expliquent par la réduction de la teneur en protéines parallèlement à l'accroissement du taux de manioc dans l'aliment.

TABLEAU 4
RÉSULTATS MOYENS DE DIGESTIBILITÉ

LOTS	1	2	3	4	5
RÉGIME	Témoin Maïs-T.soja	Manioc 1 (Thaïlande)		Manioc 2 (Malawi)	
MANIOC %	0	25 %	50 %	25 %	50 %
Performances zootechniques (1)					
Aliment consommé/j, g	1210	1200	1200	1210	1210
Gain de poids/j, g	565	450	359	482	406
Indice de consommation	2,15	2,67	3,36	2,51	2,99
Utilisation de l'énergie					
C.U.D.a Matière sèche (2)	88,3	87,9	87,3	89,4	91,5
C.U.D.a Matière organique	90,3	90,2	90,2	91,4	93,6
C.U.D.a Énergie	88,8	88,5	88,3	89,7	92,0
E.D. Kcal/Kg M.O.	4098	4002	3881	3993	4029
E.D. Kcal/Kg régime	3425	3334	3233	3355	3407
E.D. Kcal/Kg M.S. (3)	3859	3751	3616	3767	3811
	± 14 (0,7)	± 43 (2,3)	± 9 (0,5)	± 20 (1,1)	± 4 (0,2)
Utilisation de l'azote					
C.U.D.a azote	87,7	82,0	75,5	83,8	82,2
C.R.N. (4)	57,8	61,8	64,9	64,8	62,8

(1) Durée 17 jours (période de collecte + pré-collecte).

Quatre animaux par lot.

Poids moyen début expérience : 30,1 Kg.

Poids fin collecte : 37,8 Kg.

(2) C.U.D.a (coefficient d'utilisation digestive apparent) : élément absorbé x 100/élément ingéré.

(3) ± Écart type de la moyenne - Entre parenthèses coefficient de variation.

(4) C.R.N. (coefficient de rétention azotée) : N retenu x 100/N absorbé.

A partir des résultats de digestibilité des rations entières, figurant au tableau 4, et en supposant l'absence d'interaction entre le régime de base et l'aliment complémentaire, nous avons calculé la valeur énergétique des maniocs par deux méthodes :

— **par différence** : on distingue dans la ration totale les parts respectives d'énergie brute fournies par le régime de base (maïs, t. de soja) et l'aliment complémentaire (manioc). Ensuite, ayant mesuré la valeur en Énergie digestible (E.D.) de la ration de base, on estime par différence la part de l'E.D. provenant du manioc. On en déduit le C.U.D. de l'énergie de la matière première étudiée, puis sa valeur en énergie digestible. La valeur trouvée est alors la moyenne de celles obtenues aux deux taux d'incorporation (25 et 50 %),

— **par régression** : à partir de l'équation $Y = AX_1 + BX_2$ où Y est la valeur énergétique (E.D.) de la ration totale, X_1 et X_2 les pourcentages respectifs de manioc et du régime de base, on est ramené en divisant les deux membre par X_1 à une régression linéaire simple du type : $Y/X_1 = A + B(X_2/X_1)$. La constante B et le coefficient A donnant respectivement les valeurs énergétiques de la ration de base et du manioc étudié. Un exemple de ce type de calcul est détaillé par BOURDON et al. (1980).

Les valeurs énergétiques obtenues pour les maniocs selon les deux modes de calcul, sont regroupées dans le tableau 5.

TABLEAU 5
VALEURS ÉNERGÉTIQUES DES DEUX TYPES DE MANIOC
SELON LES DIVERS MODES DE CALCUL

TYPES DE MANIOC	MANIOC 1 (Thaïlande)	MANIOC 2 (Malawi)
Cellulose brute % M.S.	3,8	1,7
Matières minérales % M.S.	5,1	2,4
Énergie brute, Kcal/Kg M.S.	3940	4050
Énergie Digestible, Kcal/Kg M.S.		
• méthode par différence (1)		
taux 25 %	3657 ± 179 (9,8)	3707 ± 83 (4,5)
taux 50 %	<u>3637</u> ± 20 (1,1)	<u>3989</u> ± 10 (0,5)
Moyenne	3647 ± 118 (6,5)	3848 ± 94 (4,9)
• méthode par régression		
	3636	4010
	$r = 0,999$ (2)	$r = 0,999$ (2)
Énergie Digestible, Kcal/Kg M.S. (moyenne générale)	3640	3930
C.U.D.a Énergie	92,4	97,0

(1) Valeurs d'énergie digestible (Kcal/Kg M.S.) ± écart type de la moyenne, calculées sur quatre animaux pour des taux d'introduction de manioc de 25 et 50 % et sur huit animaux pour la moyenne. Entre parenthèses coefficient de variation en %.

(2) Valeur du coefficient de corrélation.

Pour le manioc 1 (Thaïlande), on obtient des valeurs énergétiques identiques par les différentes méthodes de calcul, soit en moyenne 3 640 Kcal d'énergie digestible par Kg de matière sèche, correspondant à un C.U.D.a de l'énergie de 92,4 %. En revanche pour le manioc 2 (Malawi) on trouve une valeur plus faible par le calcul par différence au taux d'introduction le plus bas (25 %), comparativement aux résultats obtenus avec la même méthode pour un taux d'incorporation de 50 % (3 989 Kcal) et également par la méthode par régression (4 010 Kcal). Mais la précision obtenue dans l'estimation de la valeur énergétique est évidemment moindre au taux d'incorporation de 25 %, comme en témoigne d'ailleurs le coefficient de variation plus élevé obtenu (4,5 % contre seulement 0,5 % avec 50 % de manioc). Nous avons retenu, en définitive, comme valeur énergétique pour le manioc 2 la moyenne des résultats obtenus par les deux modes de calcul, soit 3 930 Kcal d'énergie digestible par Kg de matière sèche correspondant à un C.U.D. de l'énergie de 97 %.

IV - ÉTUDE DE LA SUBSTITUTION DU MANIOC AU MAÏS DANS L'ALIMENTATION DU PORC A L'ENGRAIS (ESSAI B)

Le but de cette expérimentation est d'étudier l'influence de l'incorporation de manioc, en remplacement du maïs, dans l'aliment du porc charcutier, sur les performances de croissance, l'efficacité alimentaire et la qualité des carcasses et des viandes à l'abattage. La réponse à l'introduction du manioc est testée à deux niveaux d'incorporation (15 et 30 %) pour le manioc 1 de qualité moyenne (Thaïlande), et au taux de 30 % pour le manioc 2 de composition plus favorable.

IV 1 - MODALITÉS EXPÉRIMENTALES

1 - Animaux et bâtiments

L'expérience B a été conduite au centre expérimental de l'I.T.C.F. - A.G.P.M. de Montardon (Pyrénées-Atlantiques), dans une porcherie fermée et conditionnée, sur sol nu, en loges collectives équipées de réfectoires pour l'alimentation individuelle des porcs. 80 animaux issus du troupeau assaini de race pure Large White, sont mis en lots selon un dispositif expérimental en split-plot à deux facteurs étudiés : 2 sexes, 4 traitements. Dix blocs individuels de 4 mâles castrés et de 4 femelles ont été ainsi constitués et ensuite répartis au hasard au sein de chaque loge (12 au total). A l'intérieur d'une loge, comprenant chacune 6 ou 7 animaux de même sexe, deux porcs au plus reçoivent le même régime alimentaire.

2 - Aliments et formulation

La composition et les caractéristiques analytiques des régimes expérimentaux sont présentés au tableau 6.

TABLEAU 6
COMPOSITION DES RÉGIMES EXPÉRIMENTAUX
(ESSAIS B ET C) (1)

RÉGIMES	1	2	3	4
Composition centésimale				
Maïs	76	60	44	44
Tourteau de soja	20	21	22	22
Manioc 1 (Thaïlande)	—	15	30	—
Manioc 2 (Malawi)	—	—	—	30
Minéraux, vitamines (2)	4	4	4	4
Résultats d'analyse % produit brut (3)				
Matière sèche	86,5	86,7	87,9	87,3
Matières azotées totales	15,3	15,3	15,0	14,5
Cellulose brute	2,2	2,4	2,6	2,3
Matières minérales	5,9	6,0	6,2	5,7
Calcium	1,2	1,2	1,2	1,2
Phosphore	0,8	0,75	0,75	0,75
Teneurs estimées % produit brut				
Lysine (4)	0,75	0,76	0,77	0,75
Méthionine + Cystine (4)	0,55	0,52	0,48	0,47
Énergie Digestible, Kcal/Kg (5)	3290	3260	3260	3310

(1) L'essai C ne comprend que les régimes 1, 3 et 4.

(2) Voir compte rendu I.T.C.F. - A.G.P.M., C.M.C. 22-045.

(3) Moyenne des résultats obtenus sur 5 échantillons par régime.

(4) Estimation d'après l'analyse des matières premières.

(5) Valeurs énergétiques des régimes calculées en tenant compte des résultats de digestibilité de l'expérience A pour les maniocs (respectivement 3640 et 3930 Kcal E.D. par Kg M.S. pour les maniocs 1 et 2) et en estimant la valeur E.D. du tourteau de soja à 4 000 Kcal et celle du maïs à 3950 Kcal par rapport à la matière sèche (PEREZ et al., 1978).

Les aliments ont été formulés en adoptant la règle de substitution suivante : 15 points de manioc + 1 point de tourteau de soja remplacent 16 points de maïs. Sur cette base de comparaison, tous les régimes sont pratiquement iso-lysine et présentent des concentrations énergétiques voisines (de l'ordre de 3 300 Kcal d'énergie digestible). En revanche, la teneur en acides aminés soufrés diminue avec l'incorporation de manioc, mais nous n'avons pas jugé indispensable d'effectuer de supplémentation en D.L. méthionine, compte tenu du niveau atteint (0,47 % pour le taux le plus faible, régime 4) soit une teneur proche des recommandations alimentaires (0,5 %). Les valeurs énergétiques des régimes, indiquées dans le tableau 6, ont été estimées en tenant compte des résultats de digestibilité obtenus dans l'expérience A (soit respectivement 3 640 et 3 930 Kcal d'énergie digestible par Kg de matière sèche pour les maniocs 1 et 2) et en retenant les valeurs de 4 000 Kcal (E.D./Kg M.S.) pour le tourteau de soja et de 3 950 Kcal pour le maïs (PEREZ et al., 1978).

Globalement la règle de substitution adoptée permet théoriquement de maintenir, l'équilibre azote/énergie de l'aliment avec un rapport lysine/énergie digestible identique pour tous les lots expérimentaux et voisin de 2,4 g/Mcal.

3 - Plans et mode d'alimentation

TABLEAU 7
PLANS D'ALIMENTATION DES ANIMAUX
(ESSAIS B ET C)

Poids moyen à la pesée, Kg	Énergie digestible Kcal/jour (1)	Aliment Kg/jour (2)
20 - 23,9	3 750	1,15
24 - 27,9	4 300	1,30
28 - 31,9	4 850	1,45
32 - 35,9	5 400	1,65
36 - 39,9	5 950	1,80
40 - 43,9	6 350	1,90
44 - 47,9	6 750	2,05
48 - 51,9	7 150	2,20
52 - 55,9	7 550	2,30
56 - 59,9	7 950	2,40
60 - 63,9	8 170 (3)	2,50 (3)
64 - 67,9	8 390	2,55
68 - 71,9	8 610	2,60
72 - 75,9	8 830	2,70
76 - 79,9	9 050	2,75
80 et +	9 270 (4)	2,80 (4)

(1) L'augmentation de l'apport énergétique journalier se fait par tranche de 4 Kg de poids vif à raison de :

- + 550 Kcal E.D. entre 20 et 40 Kg de poids vif
- + 400 Kcal E.D. entre 40 et 60 Kg de poids vif
- + 220 Kcal E.D. entre 60 et 80 Kg de poids vif

(2) Sur la base de 14 repas par semaine.

(3) Plafond d'alimentation pour les mâles castrés.

(4) Plafond d'alimentation pour les femelles.

Le plan de rationnement adopté, qui figure au tableau 7, est identique pour tous les animaux de même sexe quel que soit le régime alimentaire. Il permet un apport énergétique très proche au sein de chaque traitement, compte tenu des concentrations voisines en énergie digestible des différents régimes expérimentaux. L'apport énergétique est calculé pour un régime à 3 300 Kcal d'E.D. Le rationnement des porcs est basé sur le poids vif des animaux ; il augmente progressivement jusqu'à un plateau de 2,5 Kg d'aliment à 60 Kg pour les mâles castrés et de 2,8 Kg à 80 Kg de poids vif pour les femelles. L'aliment est distribué sous forme de farine humidifiée à l'auge en 13 repas par semaine.

4 - Contrôles et mesures

Les consommations d'aliment sont contrôlées à chaque repas. Les animaux sont pesés individuellement toutes les deux semaines et la veille des l'abattage (poids moyen d'abattage 103,4 Kg).

A l'abattoir, les mesures et contrôles suivants sont effectués :

- poids de la carcasse chaude avec tête,
- épaisseur de lard au dos, au rein et épaisseur maximum rein-dos (la plus forte des quatre mesures enregistrées sur les deux demi-carcasses),
- classement des carcasses selon la grille communautaire,
- poids des morceaux : jambon, longe, bardière, panne, poitrine, épaule, après découpe "sud-ouest" des carcasses,
- degré d'altération de la muqueuse gastro-œsophagienne,
- état sanitaire des poumons.

En outre, la **qualité de la viande** est appréciée le lendemain de l'abattage à l'aide des 3 mesures suivantes :

- pH 24 heures sur le muscle long-dorsal,
- réflectance du muscle fessier superficiel (reflectomètre de CHARPENTIER et VERGE),
- pouvoir de rétention d'eau sur un échantillon du muscle long-vaste (pistomètre de GOUTEFONGEA).

Enfin l'aptitude à la **transformation de la viande** a été évaluée au cours de la fabrication du jambon en salaison sèche (façon "Bayonne"). Tous les jambons (80) prélevés sur la demi-carcasse droite de chaque porc, ont été pesés avant et après parage (J₀), après salage (J₄) et au début de la période de séchage (J + 25). La pesée à la fin du séchage (après 148 jours) a été réalisée sur six jambons par régime (3 blocs individuels).

IV 2 - RÉSULTATS DE L'ESSAI B

1 - Performances zootechniques (tableau 8)

Au cours de la **période de croissance** (de 23 à 60 Kg) la consommation des porcs a été identique dans tous les lots quel que soit le sexe des animaux conformément au protocole. Pour les critères vitesse de croissance et efficacité alimentaire, on obtient une interaction significative sexe x traitement ($P < 0,01$). Ainsi chez les mâles castrés les performances, bien que non significativement différentes entre lots, sont légèrement en faveur du régime renfermant 30 % de manioc 1 (+ 4 % en moyenne pour le gain de poids). Au contraire pour les femelles l'introduction de manioc se traduit, comparativement au lot témoin, par une diminution des performances de croissance et d'efficacité alimentaire d'environ 9 % avec le manioc 1 (écart significatif) et de 5 % avec le manioc 2. Les variations observées entre les deux types de manioc d'une part, et entre le manioc 2 et le lot témoin d'autre part, ne sont pas statistiquement différentes.

TABLEAU 8
PERFORMANCES ZOOTECHNIQUES : RÉSULTATS DE L'ESSAI B
(20 animaux par régime)

RÉGIMES	TÉMOIN	MANIOC 1		MANIOC 2	SIGNIFICATION STATISTIQUE (1) (CV %)		
MANIOC %	0	15	30	30			
Période de croissance début à 60 Kg							
Gain moyen quotidien, g	740	713	729	724	(6,8)	S	NS
• mâles castrés	704	722	741	703		T	NS
• femelles	776	703	717	745		SxT	**
Consommation par jour, Kg (2)	1,75	1,77	1,76	1,77	(1,6)	S	NS
• mâles castrés	1,75	1,78	1,78	1,78		T	NS
• femelles	1,75	1,76	1,74	1,77			
Indice de consommation, Kg (2)	2,38	2,49	2,43	2,46	(6,7)	S	**
• mâles castrés	2,50	2,48	2,41	2,54		T	NS
• femelles	2,26	2,50	2,45	2,38		SxT	**
Période de finition 60 Kg à l'abattage							
Gain moyen quotidien, g	759	744	739	760	(6,3)	S	**
• mâles castrés	686	692	670	715		T	NS
• femelles	831	795	807	805			
Consommation par jour, Kg (2)	2,54	2,55	2,55	2,56	(0,5)	S	**
• mâles castrés	2,42	2,43	2,43	2,44		T	**
• femelles	2,66	2,68	2,66	2,68		SxT	**
Indice de consommation, Kg (2)	3,37	3,45	3,48	3,40	(6,3)	S	**
• mâles castrés	3,54	3,52	3,64	3,44		T	NS
• femelles	3,21	3,38	3,31	3,35			
Période totale							
Gain moyen quotidien, g	749	726	730	743	(5,2)	S	**
• mâles castrés	693	704	701	709		T	NS
• femelles	805	749	759	777		SxT	**
Consommation par jour, Kg (2)	2,17	2,18	2,18	2,19	(1,3)	S	**
• mâles castrés	2,11	2,13	2,15	2,13		T	NS
• femelles	2,23	2,23	2,21	2,25		SxT	**
Indice de consommation, Kg (2)	2,91	3,01	2,99	2,96	(5,3)	S	**
• mâles castrés	3,05	3,03	3,07	3,03		T	NS
• femelles	2,77	2,98	2,91	2,90			

(1) S : effet sexe T : effet traitement SxT : interaction sexe x traitement,
** : différences significatives au seuil de probabilité de 1 %,
() : coefficient de variation en %.

(2) Aliments à 87 % de matière sèche.

Pendant la **période finition** (de 60 à 103 Kg) les aliments à base de manioc sont mieux consommés que le régime témoin, mais les écarts de consommation, bien que significatifs (C.V. de 0,5 %), sont très faibles (10-15 g/jour). Pour le gain de poids et l'efficacité alimentaire, aucune différence significative n'apparaît entre les régimes expérimentaux. Comme en période de croissance, on note néanmoins chez les femelles un léger effet dépressif de l'introduction du manioc sur les performances (3 à 4 % en moyenne) quel que soit d'ailleurs le type ou le taux de manioc.

Sur la **période totale** d'engraissement (de 23 à 103 Kg) les performances des mâles castrés ne diffèrent pas significativement selon le régime alimentaire. En revanche pour les femelles l'introduction de manioc s'accompagne de performances plus faibles globalement d'environ 5 % pour l'efficacité alimentaire et de 6 % pour le gain de poids (interaction sexe x traitement significative) comparativement aux excellents résultats obtenus avec les animaux femelles du lot témoin (805 g de croît journalier et 2,77 d'indice de consommation). Exprimés en pourcentage relativement aux performances du lot témoin, le gain de poids journalier et l'indice de consommation sont respectivement de 93 et 107,6 pour le lot 2 (15 % manioc 1), 94,3 et 105 pour le lot 3 (30 % manioc 1) et 96,5 et 104,7 pour le lot 4 (30 % manioc 2).

2 - Composition corporelle et qualité technologique des viandes

Les principaux résultats de mesure sur les carcasses et les viandes sont rassemblés dans le tableau 9.

TABLEAU 9
COMPOSITION CORPORELLE ET QUALITÉ TECHNOLOGIQUE DES VIANDES :
RÉSULTATS DE L'ESSAI B

RÉGIMES	TÉMOIN	MANIOC 1	MANIOC 2	SIGNIFICATION STATISTIQUE (1) (CV %)		
MANIOC %	0	15	30	30		
Rendement % (2)	77,9	78,1	77,4	77,3	(2,1)	S NS
• mâles castrés	78,0	77,4	77,2	77,5		T NS
• femelles	77,7	78,8	77,5	77,2		
Épaisseur lard max., mm	26,2	25,7	25,7	24,7	(11,2)	S NS
• mâles castrés	27,9	25,5	25,5	26,2		T NS
• femelles	24,4	25,8	25,8	23,1		
Classement C.E.E., % I + II	80	80	80	85		
• mâles castrés	60	80	80	70		
• femelles	100	80	80	100		
Rapport longe/bardière	2,37	2,37	2,42	2,40	(12,1)	S NS
• mâles castrés	2,24	2,38	2,38	2,32		T NS
• femelles	2,49	2,35	2,46	2,48		
Qualité des viandes						
pH long dorsal 24 h	6,08	6,25	6,27	5,86	(6,4)	S **
• mâles castrés	6,37	6,23	6,39	5,92		T **
• femelles	5,78	6,27	6,15	5,80		
Réflectance, m μ	695	679	711	723	(9,7)	S NS
• mâles castrés	674	719	717	757		T NS
• femelles	715	639	704	690		SxT **
Rétention d'eau, % (3)	18,3	15,5	17,4	19,7	(22,0)	S NS
• mâles castrés	16,3	17,2	18,8	21,0		T **
• femelles	20,4	13,8	16,0	18,5		SxT **
Séchage des jambons						
Poids du jambon (avant parage), Kg	8,51	8,49	8,49	8,41		T NS
Pertes en fabrication						
• avant séchage, Kg	0,95	0,94	0,93	0,93		
• au cours du séchage, Kg	0,97	0,97	1,00	1,00		
• totales, %	22,6	22,5	22,7	22,9		T NS

(1) Voir tableau 8.

(2) Poids carcasse chaude avec tête-2,5 % / Poids vif avant abattage.

(3) Pourcentage de perte à la pression.

Il n'apparaît pas d'effet de l'introduction de manioc sur les critères de composition corporelle à l'abattage (rendement, épaisseurs de lard) ou après découpe (poids des morceaux maigres et gras, rapport longe/bardière). Le classement commercial des carcasses d'après la grille communautaire confirme l'absence d'influence du régime alimentaire. On peut souligner globalement la qualité excellente des animaux produits dans cet essai puisque 80 % des carcasses sont classées en catégories I et II. En ce qui concerne les mesures de qualité technologique des viandes, les résultats obtenus reflètent en moyenne une qualité convenable et l'ensemble des critères (pH, couleur, rétention d'eau) évoluent de manière cohérente. C'est avec le régime renfermant 30 % de manioc 2 que l'on enregistre le pH le plus bas ($P < 0,01$), associé à une viande un peu plus claire (réflectance maximum) et un moins bon pouvoir de rétention d'eau ($P < 0,01$). Pour ces critères de qualité de viande des différences de réponse apparaissent selon le sexe conduisant à des interactions significatives sexe x traitement. Ainsi les viandes des porcs femelles recevant le régime 2 (15 % manioc 1) et à un moindre degré le régime 3 (30 % manioc 1) présentent un pH plus élevé, une couleur plus foncée et un meilleur pouvoir de rétention d'eau. Par ailleurs, les tests de transformation des jambons en salaison sèche, n'ont pas mis en évidence d'écart de rendement technologique selon le régime alimentaire, au cours des différentes phases de la fabrication (parage, salage, séchage).

3 - Lésions gastro-œsophagiennes

Comme l'indique le tableau 10, la présence de manioc dans le régime ne modifie pas comparativement à l'aliment témoin la distribution des lésions gastroœsophagiennes selon leur intensité, ce qui confirme les résultats de HENRY (1970). Au total, sur 80 porcs, 5 animaux seulement, dont deux dans le lot témoin, présentent un ulcère caractérisé de la muqueuse du cardia.

TABLEAU 10
OBSERVATIONS DES LÉSIONS GASTRO OESOPHAGIENNES
(ESSAI B)

RÉGIMES	TÉMOIN	MANIOC 1		MANIOC 2
MANIOC %	0	15	30	30
(Nombre d'animaux)	(20)	(20)	(20)	(20)
1 - pas de lésion	6	5	6	1
2 - kératinisation	8	8	4	10
3 - Desquamation	4	7	8	8
4 - ulcération	2	—	2	1

V - UTILISATION COMPARÉE DES DEUX TYPES DE MANIOC INTRODITS AU TAUX DE 30 % DANS LE RÉGIME DU PORC EN CROISSANCE (ESSAI C)

Le but de cet essai est de comparer l'utilisation de deux types de manioc, d'origine et de qualité différentes, introduits en remplacement du maïs à un même taux élevé de 30 % dans le régime du porc en croissance. Cette comparaison correspond aux traitements expérimentaux 1,3 et 4 de l'expérience précédente (Essai B).

V 1 - MODALITÉS EXPÉRIMENTALES

72 animaux issus du même élevage sont répartis en 24 blocs de trois porcelets (12 blocs de mâles castrés et 12 blocs de femelles). Les animaux de chaque sexe sont logés par groupe de six dans une porcherie ouverte à un rang comprenant 12 loges. A l'intérieur de chaque bloc, les porcelets sont affectés, au hasard, à l'un des trois régimes alimentaires suivants :

- régime 1 : témoin maïs-soja
- régime 2 : contenant 30 % de manioc 1 (Thaïlande)
- régime 3 : contenant 30 % de manioc 2 (Malawi)

Les aliments expérimentaux sont distribués aux animaux après une période d'adaptation de deux semaines.

Toutes les autres modalités expérimentales (formulation des aliments, plans et mode d'alimentation, contrôles et mesures au cours de la croissance et à l'abattage) sont strictement identiques à celles observées dans l'essai B, en particulier les mêmes lots de matières premières sont utilisées et la fabrication des aliments est commune aux deux essais (Moulin expérimental de l'A.G.P.M.). Ainsi, les conditions expérimentales ont déjà été présentées en détail au paragraphe IV 1 ; la composition des régimes expérimentaux et les plans de rationnement des animaux sont également précisés plus haut, respectivement dans les tableaux 6 et 7.

V 2 - RÉSULTATS DE L'ESSAI C (tableaux 11 et 12)

Au cours de la **période de croissance** (de 30 à 60 Kg de poids vif), l'incorporation de 30 % de manioc (Thaïlande ou Malawi) dans la ration ne modifie pas significativement les performances des animaux.

TABLEAU 11
PERFORMANCES ZOOTECHNIQUES : RÉSULTATS DE L'ESSAI C
(24 animaux par régime)

RÉGIMES	TÉMOIN	MANIOC 1	MANIOC 2	SIGNIFICATION STATISTIQUE (1) (CV %)		
MANIOC %	0	30	30			
Période de croissance (début à 60 Kg)						
Gain moyen quotidien, g	672	689	683	(11,7)	S	NS
• mâles castrés	678	699	689		T	NS
• femelles	666	679	676			
Consommation par jour, Kg (2)	1,88	1,89	1,89	(0,9)	S	NS
• mâles castrés	1,90	1,89	1,89		T	NS
• femelles	1,87	1,89	1,89			
Indice de consommation, Kg (2)	2,80	2,74	2,77	(3,1)	S	NS
• mâles castrés	2,79	2,70	2,74		T	NS
• femelles	2,80	2,78	2,80			
Période de finition (60 Kg à l'abattage)						
Gain moyen quotidien, g	687	703	711	(14,9)	S	*
• mâles castrés	679	676	661		T	NS
• femelles	695	729	758			
Consommation par jour, Kg (2)	2,55	2,53	2,57	(2,1)	S	**
• mâles castrés	2,47	2,44	2,45		T	NS
• femelles	2,63	2,61	2,69			
Indice de consommation, Kg (2)	3,71	3,59	3,63	(1,7)	S	NS
• mâles castrés	3,64	3,61	3,70		T	NS
• femelles	3,78	3,57	3,55		SxT	*
Période totale						
Gain moyen quotidien, g	682	696	697	(10,9)	S	NS
• mâles castrés	678	684	672		T	NS
• femelles	685	707	721			
Consommation par jour, Kg (2)	2,28	2,27	2,29	(1,7)	S	*
• mâles castrés	2,24	2,22	2,23		T	NS
• femelles	2,31	2,31	2,34			
Indice de consommation, Kg (2)	3,34	3,25	3,28	(1,3)	S	NS
• mâles castrés	3,30	3,24	3,31		T	NS
• femelles	3,37	3,26	3,25			

(1) S : effet sexe T : effet traitement SxT : interaction sexe x traitement,

(CV) : coefficient de variation en %,

* : différences significatives au seuil de 5 %,

** : différences significatives au seuil de 1 %.

(2) Aliments à 87 % de matière sèche.

Durant la **phase de finition** (de 60 Kg à l'abattage) on observe globalement un léger effet bénéfique du manioc, notamment sur l'indice de consommation ($P < 0,01$). A cet égard, il convient de distinguer la réponse des castrats de celle des femelles. Pour ces dernières, la vitesse de croissance est accrue, pour un même niveau d'alimentation, en moyenne de 7 % avec les aliments renfermant du manioc par rapport au régime témoin, alors que chez les castrats le gain de poids ne varie pas selon le régime alimentaire ; ce qui conduit à une interaction significative sexe x traitement ($P < 0,05$) pour l'indice de consommation. En réalité, il faut souligner les résultats assez médiocres obtenus avec les porcs femelles dans le lot témoin, comme l'indique la supériorité de leur indice de consommation par rapport à celui des mâles castrés.

Sur la **période totale** d'engraissement, les trois régimes alimentaires conduisent à des résultats comparables. Chez les porcs femelles on retrouve une tendance favorable à l'utilisation du manioc sur les performances (+ 4 %), mais les écarts ne sont pas significatifs.

Enfin l'introduction de 30 % de manioc dans les aliments est sans incidence sur la **qualité des carcasses**, et la **qualité des viandes** (tableau 12).

TABLEAU 12
COMPOSITION CORPORELLE ET QUALITÉ TECHNOLOGIQUE DES VIANDES : RÉSULTATS DE L'ESSAI C

RÉGIMES	TÉMOIN	MANIOC 1	MANIOC 2	SIGNIFICATION STATISTIQUE (1) (CV %)		
MANIOC %	0	30	30			
Rendement % (2)	79,3	79,1	79,2	(1,7)	S	NS
• mâles castrés	79,3	79,5	79,5		T	NS
• femelles	79,3	78,8	78,9			
Épaisseur lard max., mm	27,7	26,0	25,2	(16,3)	S	NS
• mâles castrés	27,7	25,7	26,0		T	NS
• femelles	27,6	26,3	24,3			
Classement C.E.E., % I + II	64	88	79			
• mâles castrés	45	83	58			
• femelles	82	92	100			
Rapport longe/bardière	2,42	2,70	2,69	(18,4)	S	NS
• mâles castrés	2,25	2,85	2,57		T	NS
• femelles	2,59	2,54	2,80			
Qualité des viandes						
pH long dorsal 24 h	5,97	6,06	6,12	(5,4)	S	NS
• mâles castrés	5,99	6,09	6,27		T	NS
• femelles	5,94	6,02	5,96			
Réfectance, m μ	723	695	725	(7,1)	S	NS
• mâles castrés	734	698	724		T	NS
• femelles	712	691	726			
Rétention d'eau, % (3)	15,5	15,9	16,9	(24,1)	S	NS
• mâles castrés	16,4	15,7	17,7		T	NS
• femelles	14,5	16,0	16,2			
Séchage des jambons						
Poids du jambon (avant parage), Kg	10,25	10,53	10,28		T	NS
Pertes en fabrication						
• avant séchage, Kg	2,68	2,83	2,71			
• au cours du séchage, Kg	1,01	1,00	1,03			
• totales, %	36,0	36,4	36,3		T	NS

(1) Voir tableau 11.

(2) Poids carcasse chaude avec tête — 2,5 %/Poids vif 24 h avant abattage.

(3) Pourcentage de perte à la pression.

VI - UTILISATION DU MANIOC PAR LE PORCELET SEVRÉ (ESSAI D)

VI 1 - MATÉRIEL ET MÉTHODES

Une expérimentation, portant sur 384 porcelets, a été mise en place au Centre expérimental I.T.C.F. - A.G.P.M. de Montardon avec les mêmes lots de manioc que dans les expériences précédentes. L'essai a été réalisé sur trois bandes successives d'animaux (96 porcelets par traitement).

Les porcelets sont sevrés à l'âge moyen de 26 jours. Après le sevrage, ils sont élevés en "flat-decks" et continuent de recevoir pendant 11 jours un aliment de premier âge renfermant 22,5 % de matières azotées et 1,40 % de lysine. Les traitements expérimentaux sont ensuite contrôlés à chaque bande pendant 35 jours. Le dispositif expérimental appliqué est celui des blocs complets. L'unité expérimentale est le porcelet pour toutes les performances individuelles (poids et gain de poids) et la loge pour les performances collectives (consommation et indice de consommation). A chaque bande, les animaux sont choisis en fonction de leur poids et âge au sevrage et du poids moyen de leur portée à la naissance. Ils sont pesés individuellement à la constitution des lots (sevrage), au début et à la fin de l'expérience.

L'objet de l'étude est de comparer à un aliment témoin, à base de maïs et de tourteau de soja, des régimes renfermant soit 10 ou 20 % de manioc 1 (Thaïlande), soit 20 % de manioc 2 (Malawi). L'introduction de 10 points de manioc en remplacement du maïs implique l'utilisation d'un point de tourteau de soja supplémentaire, afin de respecter l'équilibre azoté des régimes. Les aliments renfermant du manioc sont en outre complétés par de la D.L. méthionine. Tous les régimes présentent un même rapport lysine sur énergie digestible (3,5 g par Mcal). Les aliments sont agglomérés à sec (filière de 3,8 mm) et distribués à volonté au nourrisseur. La composition et les caractéristiques des régimes figurent au tableau 13.

TABLEAU 13
COMPOSITION DES RÉGIMES
(ESSAI D)

RÉGIMES	TÉMOIN	MANIOC 1		MANIOC 2
MANIOC %	0	10	20	20
Composition centésimale				
Maïs (1)	58,20	47,15	35,73	35,73
Tourteau de soja 50 (2)	33,0	34,0	35,0	35,0
Manioc 1 (Thaïlande)	—	10,0	20,0	—
Manioc 2 (Malawi)	—	—	—	20,0
Sucre	4,0	4,0	4,0	4,0
D.L. Mathionine (3)	—	0,05	0,07	0,07
Liant	1,0	1,0	1,0	1,0
Minéraux, vitamines (4)	3,8	3,8	4,2	4,2
Résultats d'analyse % produit brut (5)				
Matière sèche	88,6	88,9	89,2	89,3
Matières azotées totales	21,4	21,6	21,7	21,2
Cellulose brute	2,0	2,2	2,4	2,1
Matières minérales	6,2	6,3	7,4	7,2
Calcium	1,26	1,16	1,37	1,40
Phosphore	0,73	0,69	0,74	0,76
Teneurs estimées % produit brut (6)				
Lysine	1,16	1,17	1,17	1,17
Méthionine + cystine	0,69	0,70	0,69	0,69

(1) Maïs : Matière sèche % 85,6 - M.A.T. % 8,0 (moyenne 5 analyses) - Lysine % 0,24 - Méthionine + Cystine % 0,35.

(2) Tourteau de soja : Matière sèche % 88,4 - M.A.T. % 50,0 - cellulose brute % 1,9 - Lysine % 3,09 - Méthionine + Cystine % 1,39 (moyenne 5 analyses).

(3) 95 % de méthionine pure.

(4) Voir composition compte rendu d'essai I.T.C.F. - A.G.P.M., PMD 14.

(5) Moyenne de 3 séries de 3 analyses.

(6) Estimation d'après l'analyse des matières premières.

VI 2 - RÉSULTATS DE L'ESSAI D

Les résultats présentés au tableau 14, ont été calculés sur 96 animaux par traitement (16 loges de "flat-deck"). Ils conduisent aux conclusions suivantes :

— l'introduction dans la ration d'un manioc de qualité moyenne aux taux de 10 et 20 %, ne modifie de manière significative, ni la vitesse de croissance, ni la consommation des porcelets, comparativement à un régime témoin maïs-tourteau de soja.

— au taux d'incorporation de 20 %, les performances des animaux ne diffèrent pas significativement selon la qualité du manioc.

TABLEAU 14
PERFORMANCES ZOOTECHNIQUES : RÉSULTATS DE L'ESSAI D
(96 animaux par régime) (1)

RÉGIMES	TÉMOIN	MANIOC 1		MANIOC 2	SIGNIFICATION STATISTIQUE (2) (CV %) Prob. de F	
		10	20	20		
MANIOC %	0					
Poids début essai, Kg	8,6	8,7	8,7	8,6	(11,1)	N.S.
Poids fin essai, Kg	27,7	27,4	27,8	27,8	(10,2)	N.S.
Gain moyen quotidien, g	545	534	548	547	(12,1)	N.S.
Consommation par jour, g (3)	974	977	1 003	980	(6,0)	N.S.
Indice de consommation, Kg	1,78	1,82	1,83	1,79	(4,1)	0,19

(1) Regroupement de trois bandes : 384 porcelets au total.

(2) N.S. : différence non significative (probabilité supérieure à 0,50)
Entre parenthèses : coefficient de variation en %.

(3) Aliments à 87 % de matière sèche.

VII - DISCUSSION GÉNÉRALE

• Valeur énergétique du manioc

Les résultats de digestibilité indiquent un écart de 8 % entre les deux types de manioc pour l'énergie digestible, soit 300 Kcal en faveur de manioc 2 (du Malawi) de composition chimique plus favorable. Les valeurs énergétiques obtenues, respectivement 3 640 et 3 930 Kcal E.D. (*), situent la valeur du manioc 1 de manière intermédiaire entre celles de l'orge et du blé, et celle du manioc 2 au niveau du maïs (3 950 Kcal d'après PEREZ et al., 1978). Les données bibliographiques concernant la valeur énergétique du manioc sont peu nombreuses. Certains auteurs ont mesuré la digestibilité de régimes renfermant du manioc, comparativement à des régimes à base de céréales, mais ne précisent pas la valeur énergétique propre du manioc (HOMB et LYSÖ, 1964 ; ZAUSCH et al., 1968 ; AUMAITRE, 1969 ; HENRY, 1970 ; CHICCO et al., 1972). HENRY (1970) a étudié l'effet du remplacement de l'amidon de maïs par du manioc cru de Madagascar (au taux de 57 %) sur l'utilisation digestive de la ration entière ; à partir des résultats obtenus, et en retenant la valeur de 4 000 Kcal E.D. pour l'amidon de maïs, on peut estimer selon la méthode par différence, le contenu en énergie digestible du manioc utilisé approximativement à 3 850 Kcal, soit une valeur énergétique comparable à celle du blé. Les tables de NEHRING et al. (1972) indiquent une valeur de 3 692 Kcal E.D. pour un manioc titrant 4,5 % de cellulose brute et 3,3 % de cendres, alors que les tables de l'A.E.C. (1978) proposent 3 770 Kcal pour un produit renfermant 3,45 % de cellulose et 2,3 % de matières minérales. MANER (1974) et TOTSUKA et al. (1977) obtiennent la même valeur de 3 760 Kcal E.D. pour des manioc dont la composition n'est pas connue.

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

Les écarts de valeur énergétique, parfois considérables, enregistrés entre différents lots de manioc (BOEVE et al., 1973) s'expliquent par les variations importantes des caractéristiques analytiques de cette matière première. Ainsi, les chercheurs Hollandais proposent dans leurs tables alimentaires (1977) une équation de prévision de la valeur énergétique du manioc à partir de la composition chimique, que nous avons adaptée à nos unités d'énergie (PEREZ, 1979) et qui peut s'exprimer ainsi :

$$\text{Énergie Digestible (Kcal/Kg M.S.)} = 4\,400 - 110 \times \text{cellulose brute \% M.S.} - 43 \times \text{cendres \% M.S.}$$

(Limites d'application : cellulose 3,5 à 7,5 % ; cendres 1,7 à 8,1 %).

Sur cette base le manioc 1, avec 3,8 % de cellulose et 5,1 % de cendres, aurait une valeur énergétique théorique de 3 760 Kcal E.D., au lieu de 3 630 Kcal, valeur effectivement mesurée. Pour le manioc 2, qui renferme seulement 1,7 % de cellulose et 2,4 % de cendres, l'extrapolation de l'équation précédente au-delà de ses limites de validité, aboutit à une valeur en énergie digestible (4 110 Kcal) supérieure au contenu en énergie brute (4 050 Kcal), alors que la valeur mesurée est de 3 930 Kcal. D'après nos estimations, l'équation hollandaise surévaluerait légèrement (+ 3 %) la valeur énergétique du manioc, comme en témoignent d'ailleurs les résultats d'un essai réalisé par l'I.T.C.F. (1980) chez le porc en croissance. Dans cette étude, la formulation des régimes basée sur cette équation de prédiction s'est traduite par des indices énergétiques (Mcal E.D. ingérées/Kg gain) accrus de 2 à 4 % avec l'aliment renfermant 30 % de manioc (de très bonne qualité), comparativement au régime témoin à base de maïs, pour un même apport théorique d'énergie digestible dans les deux lots.

• Utilisation du manioc par le porc en croissance

Les résultats convergents obtenus dans les essais B et C (respectivement avec 20 et 24 porcs par régime) montrent que, dans nos conditions expérimentales, le remplacement du maïs par du manioc de qualité convenable (Thaïlande) ou excellente (Malawi) jusqu'au taux de 30 % dans le régime, permet globalement d'obtenir des performances de croissance et de composition corporelle équivalentes, à condition de rééquilibrer les régimes sur le plan azoté par un apport supplémentaire de tourteau de soja. Les différences de composition entre les deux lots de maniocs (qu'on aurait souhaitées plus importantes) et les écarts qui en résultent pour leur valeur énergétique respective (expérience A), n'étaient pas suffisants pour mettre en évidence aux taux d'introduction utilisés (15 et 30 %), des écarts de performances entre les aliments à base de manioc (comme d'ailleurs avec l'aliment témoin), ainsi que le laissait prévoir la similitude des valeurs énergétiques estimées des différents régimes.

Les travaux réalisés chez le porc à l'engrais aboutissent à des recommandations très variables, selon les auteurs, pour les taux optimums d'incorporation de manioc (10 à 75 % de la ration d'après VELLOSO et al., 1967 ; SHIMADA et al., 1971 ; CHOU et al., 1973 ; HANSEN et al., 1976 ; LEMEUR, 1979 ; LATIMIER, 1980...). Plusieurs facteurs peuvent expliquer ces divergences :

— D'une manière générale, le nombre restreint d'animaux par traitement et le faible **niveau des performances** obtenues dans de nombreux essais, notamment avec le régime témoin (MODEBE, 1963), ne permettent pas de conclure sur les effets de l'incorporation du manioc.

— D'autre part, la qualité variable des maniocs utilisés, principalement sur le plan de la **composition chimique**, conduit souvent à surestimer la **valeur énergétique** des régimes à base de manioc, en dépit de quelques tentatives de prévision du contenu énergétique des lots de manioc dans certaines expérimentations. Par suite, les apports énergétiques ne sont pas toujours comparables selon les régimes alimentaires (régimes non iso-énergétiques, ajustement insuffisant du plan de rationnement), de sorte que les effets de l'incorporation du manioc varient d'un essai à l'autre selon la qualité du produit et la nature de la céréale dans l'aliment témoin. Ainsi l'I.T.C.F. (1980) obtient des résultats très voisins en substituant au maïs 30 % de manioc de très bonne qualité, alors qu'une telle substitution avec un lot de manioc courant s'accompagne d'une détérioration importante (+ 10 %) de l'indice de consommation (LE MEUR, 1979). En revanche, LATIMIER (1980) n'observe pas d'effet sur les performances en remplaçant de l'orge par du manioc de qualité médiocre jusqu'au taux de 40 %. Malheureusement les caractéristiques analytiques des lots de manioc (teneurs en amidon, cellulose, cendres), voire leur **toxicité** (taux d'acide cyanhydrique) ne sont pas toujours bien précisées dans les comptes-rendus d'expérience, ce qui rend difficile l'interprétation des résultats.

— De la même façon, la **qualité microbiologique** des maniocs pourtant très variable (POISSON et al., 1980) n'est pratiquement jamais mentionnée, alors qu'elle paraît responsable de certains troubles digestifs, voire de baisse de performances (LEMEUR, 1979). Dans nos conditions expérimentales, la charge bactériologique plus importante du manioc 1 (Thaïlande) par rapport au manioc 2 (Malawi) ne s'est pas traduite, en l'absence de pollution fongique des lots, par des variations dans les performances ou l'état sanitaire.

— Par ailleurs, l'**équilibre azoté** des régimes à base de manioc n'est pas toujours parfaitement respecté dans les comparaisons. En particulier, l'apport de **méthionine** est souvent insuffisant avec des régimes renfermant des proportions élevées de manioc (40 % et au-delà). De plus, la présence éventuelle de glucosides cyanogènes dans le manioc peut encore accroître le "besoin" strict en acides aminés soufrés, compte tenu du rôle de détoxification joué par la méthionine (MANER et GOMEZ, 1973 ; CRESWELL et al., 1975 ; ADEGBOLA, 1977). A cet égard, il faut souligner que des différences de réponses à l'incorporation de manioc sont apparues dans notre étude selon le sexe des animaux, conduisant à des interactions significatives sexe x traitement. Ainsi dans l'essai B, les porcs femelles ont réagi défavorablement à l'incorporation du manioc, comme ceci a déjà été observé avec un fort pourcentage de manioc (50 %) dans l'aliment (A.E.C., 1979). A cet égard, on peut penser à un léger déséquilibre en acides aminés dans les régimes à base de manioc notamment en acides aminés soufrés, dont on connaît la supériorité des besoins chez les porcs femelles. Les taux d'acides aminés soufrés semblent ainsi sub-optimums par rapport aux recommandations dans les aliments renfermant du manioc, surtout pour des animaux de sexe femelle, ayant en outre de fortes potentialités de croissance comme dans l'essai B (805 g de gain moyen journalier et 2,77 d'indice de consommation dans le lot témoin sur la totalité de la période d'engraissement). Ceci rejoint les conclusions de l'A.E.C. (1979), qui enregistre une restauration des performances des femelles recevant du manioc, après supplémentation en méthionine. Il est possible également que les teneurs non négligeables en acide cyanhydrique des deux lots de manioc utilisés dans notre étude, aient accentué indirectement le déficit en acides aminés soufrés. A l'inverse, l'interaction sexe x traitement observée dans l'essai C, peut s'expliquer par les performances médiocres des porcs femelles dans le lot témoin.

— Enfin d'autres facteurs, tels que la **complémentation minérale** (MAUST et al., 1972) ou l'**agglomération** des aliments (MÜLLER et al., 1974 ; KHAJARERN et al., 1977 ; TOTSUKA et al., 1978) peuvent avoir un effet bénéfique sur l'utilisation du manioc, particulièrement lorsque celui-ci est de mauvaise "qualité", et expliquer aussi certains résultats apparemment contradictoires.

• Utilisation du manioc par le porcelet

Les remarques précédentes concernant la comparaison de régimes à base de céréales ou de manioc chez le porc en croissance, sont également valables pour le porcelet. Chez ce dernier, s'ajoutent des problèmes de tolérance digestive aux différents types d'amidon et une sensibilité accrue à la pollution microbiologique et aux facteurs toxiques (acide cyanhydrique). Dans notre étude, le remplacement, au cours de la période de deuxième âge, du maïs par du manioc jusqu'au taux de 20 %, n'entraîne aucune variation des performances ni de l'état sanitaire, quelles que soient la composition et la qualité bactériologique du manioc. HEW et HUTAGALUNG (1972) observent un effet dépressif dès le taux de 10 %, avec un manioc présentant une teneur élevée en acide cyanhydrique. De la même façon, LE MEUR (1978) note une détérioration importante de l'indice de consommation (+ 11 %) en remplaçant de l'orge par 25 % de manioc de type courant (en "pellets"), mais sans qu'il y ait de troubles digestifs apparents (consistance identique des déjections). A l'opposé, seul AUMAITRE (1969) obtient une amélioration des performances et de l'état sanitaire (réduction du nombre de diarrhées) en substituant aux différentes céréales (maïs, blé ou orge), 45 % de manioc apparemment de bonne qualité (racines de Madagascar). ARAMBAWELA et al., (1975) pour un même taux élevé d'incorporation enregistre, au contraire, un accroissement de la fréquence des diarrhées avec le manioc (dont la composition n'est pas précisée) comparativement à un régime à base d'orge, en accord avec les résultats d'HANSEN et SUNESEN (1973), mais sans qu'il y ait de répercussions sur les performances des porcelets.

VIII - CONCLUSION

En conclusion, nos résultats avec ceux de la bibliographie permettent de souligner les points suivants :

— La valeur énergétique du manioc varie dans de larges proportions (valeur égale au maïs ou inférieure à l'orge), en relation avec les écarts dans les teneurs en cellulose brute et en matières minérales, qui abaissent très fortement l'utilisation digestive de l'énergie. Il paraît donc impératif de contrôler systématiquement la composition des maniocs avant leur utilisation, compte tenu précisément de l'hétérogénéité des produits disponibles sur le marché.

— D'autres facteurs, tels que la présence éventuelle de composés cyanogènes, et la pollution microbienne peuvent également déprécier la valeur nutritive des maniocs. Néanmoins, les résultats sont encore insuffisants pour conclure de manière définitive sur les incidences réelles des contaminations fongiques ou bactériennes sur les performances et l'état sanitaire.

— Enfin, le manioc, aliment essentiellement énergétique, très pauvre en matières azotées, peut conduire à des déséquilibres en acides aminés, lorsqu'il se substitue aux céréales, mieux pourvues en protéines.

— Dans nos conditions expérimentales, nous avons montré les possibilités de remplacer le maïs par du manioc de qualité convenable ou excellente, jusqu'au taux de 20 % dans les aliments de deuxième âge du porcelet, et jusqu'à 30 % dans la ration du porc en croissance, à condition toutefois de rééquilibrer les régimes sur le plan azoté par un apport supplémentaire de tourteau de soja.

BIBLIOGRAPHIE

- A.E.C., (1978) - Document n° 4.
- A.E.C., (1979) - Essai de substitution du manioc aux céréales dans l'alimentation du porc à l'engrais. Informations, Réf. Porcs 422, 8 p.
- ADEGBOLA A., (1977) - Methionine as an additive to cassava based diets. in Nestel B. and Graham M. ed., Cassava as animal feed, Ottawa, I.D.R.C., 095 e, 9-17.
- ARAMBOWELA W.J., NIELSEN H.E., DANIELSEN V., EGGUMB B.O., (1975) - Effect of replacing barley with tapioca meal at two different levels of feeding on the growth and health of early weaned pigs. Livestock Prod. Sci., 2, 281-288.
- AUMAITRE A., (1969) - Valeur alimentaire du manioc et de différentes céréales dans les régimes de sevrage précoce du porcelet : utilisation digestive de l'aliment et effet sur la croissance des animaux. Ann. Zootech., 18, 385-398.
- BOEVE J., SMITS B., DAMMERS J., (1973) - Verteringsproeven met varkens. Versl. Landbouwk. Onderz., 809, 22 p. (en néerlandais).
- BOURDON D., PEREZ J.M., HENRY Y., CALMES R., (1980) - Valeur énergétique et azotée d'un concentré de protéines de luzerne le "PX₁", et utilisation par le porc en croissance-finition. Journées Rech. Porcine en France, 12, 227-244. I.T.P. Éd., Paris.
- CHICCO C.F., GARBATI S.T., MÜLLER-HAYE B., VECCHIONACCE H., (1972) - La harina de yuca en el engorde de cerdos. Rev. Agronomia Tropical. 22, 599-603.
- CHOU K.C., NAH K.C., MÜLLER Z., (1973) - Replacement of maize by high level of tapioca meal in rations for growing-finishing pigs, Kajian Vet., 5, 3-10.
- CRESWELL D.C., CALDERON F.L., MANER J.H., WALLACE H.D., (1975) - Methionine and iodine in cassava diets for rats and swine. J. Anim. Sci., 40, 179 (Abstr.).
- HANSEN V., (1964) - Le manioc dans l'alimentation des porcs. Ugeskrift for landmaend 109, 562-563 (en danois).
- HANSEN V., BRESSON S., JENSEN A., (1976) - Tapioca meal as feed for bacon pigs. Beretning fra Statens Husdyrbrugsforsog 440, 20 p. (en danois).
- HANSEN V., SUNESEN N., (1973) - Tapiokamel. Saertryk af Forsoegslab. Arbog, 50-57 (en danois).
- HENRY Y., (1970) - Effets nutritionnels de l'incorporation de cellulose purifiée dans le régime du porc en croissance-finition. III - Incidence sur le développement des ulcères gastro-œsophagiens. Ann. Zootech. 19, 117-141.

- HEW V.F., HUTAGALUNG R.I., (1972) - The utilization of tapioca root meal (*Manihot utilissima*) in swine feeding. *Malays. Agric. Res.* 1, 124-130.
- HOMB T., LYSÖ A., (1964) - Nitrogen balance with growing pigs fed ground barley and sorghum grains. *Meld. Norges Landbrugshøgskole* 43, 1-21.
- I.T.C.F., (1980) - Compte rendu d'essai CAD 44.
- KHAJARERN S., KHAJARERN J.M., KITPANIT N., MÜLLER Z., (1977) - Cassava in the nutrition of swine - In Nestel B., and Graham H., Éd., *Cassava as animal feed*, Ottawa, I.D.R.C., 095°, 56-64.
- LATIMIER P., (1980) - Bilan de deux essais de substitution de l'orge par du manioc dans l'alimentation du porc charcutier. *Journées Rech. Porcine en France.* 12, 265-272 - I.T.P. Éd., Paris.
- LE MEUR D., (1978) - Le manioc : trop d'incertitudes. *A la Pointe de l'Élevage*, 19-21 (n° juin).
- LE MEUR D., (1979) - Le manioc : des résultats hétérogènes. *A la Pointe de l'Élevage*, 24-27 (n° avril).
- MANER J.H., (1974) - In POND W.G. and MANER J.H., *Swine production in temperate and tropical environment*, FREEMAN and Co. Éd., San Francisco.
- MANER J.H., GOMEZ G., (1973) - Implications of Cyanide toxicity in animal feeding studies using high cassava rations, in Nestel B. and Mac Intyre R. Éd., *Chronic cassava toxicity I.D.R.C. 010°*, Ottawa, 113-120.
- MAUST L.E., POND W.G., SCOTT M.L., (1972) — Energy value of cassava - rice bran diet with and without supplemental zinc for growing pigs. *J. Anim. Sci.*, 35, 953-957.
- MODEBE A.N.A., (1963) - Preliminary trial on the value of dried cassava (*Manihot utilissima* Pohl) for pig feeding. *J. West Afr. Sci. Assoc.* 7, 127-133.
- MÜLLER Z., CHOU K.C., NAH K.C., (1974) - Le manioc : produit de remplacement des céréales dans les rations du bétail et de la volaille. *Rev. Mond. Zootech.*, 12, 19-24.
- NEHRING K., BEYER M., HOFFMANN B., (1972) - *Futtermittel tabellenwerk*, 452 p., VEB Deutsche Landwirtschaftsverlag, Berlin.
- OYENUGA V.A., (1961) - Nutritive value of cereal and cassava diets for growing and fattening pigs in Nigeria. *Brit. J. Nutrition* 15, 327-338.
- PEREZ J.M., (1979) - La valeur alimentaire du manioc : quelques précisions. *L'Elevage Porcin* 80, 42-43.
- PEREZ J.M., BOURDON D., HENRY Y., (1978) - Les céréales dans l'alimentation du porc. *Bull. Tech. Inf.* n° 331, 335-361.
- POISSON J., DROUET H., GOSSET H., VEGA D., (1980) - Microflore des céréales et du manioc. *Perspectives agricoles* 41, 40-55.
- SHIMADA A.S., PERAZA C., CABELLO F.T., (1971) - Valor alimenticio de la Harina de Yuca (*Manihot Utilissima* Pohl) para cerdos. *Técnica Pecuaria en Mexico.* 15/16, 31-35.
- TABLES HOLLANDAISES (1977) - *Veevoedertabel*, Centraal Veevoederbureau, Lelystad, Nederland.
- TILLON J.P., SERRES H., (1973) - Le manioc dans l'alimentation du porc. 2. Digestibilité du manioc sous différentes présentations. *Revue Elev. Méd. Vét. Pays trop.* 26, 229-234.
- TOTSUKA K., IWAI H., ISHII M., SHOJI K., (1978) - Study of nutritive value of cassava in rations for growing and finishing pigs. *Jap. J. Zootech. Sci.*, 49, 250-257. (en Japonais).
- VELLOSO L., RODRIGUES A.J., BECKER M., NETO L.P., SCOTT W.N., KALIL E.B., (1967) - Substituição parcial e total do milho pelo farelo de mandioca em rações de suínos em crescimento e engorda. *Bol. Ind. Animal*, 23, 129-137 (en Portugais).
- ZAUSCH M., DRAUSCHKE M., LAUTERBACH A., (1968) - Verdaulichkeit und einatz von Tapiokamehl bei schweinen. *Jahrb. Tiernahrung Fütterung* 6, 256-260.