

LES AMYLACES DU CAMEROUN

I. ÉTUDE DE LA DIGESTIBILITÉ "IN VITRO" DE L'AMIDON DE DIVERSES PLANTES ALIMENTAIRES DU SUD-CAMEROUN

Influence des transformations technologiques sur l'amidon de manioc

par

J. C. FAVIER

II. LES TRANSFORMATIONS TECHNOLOGIQUES DU MANIOC

Leur influence sur la valeur nutritive

par

J. C. FAVIER, S. CHEVASSUS-AGNES et G. GALLON

Juin 1969

OFFICE DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE
OUTRE -- MER

CENTRE ORSTOM DE YAOUNDE

Section Nutrition

- C. CAVELIER, docteur en médecine, chef de Section
- S. CHEVASSUS-AGNES, ingénieur biochimiste
- J. C. FAVIER, docteur en pharmacie
- G. GALLON, technicien-chimiste
- R. GUEGUEN, infirmier-major
- A. JOSEPH, licencié ès-sciences
- J. LAURE, ingénieur biochimiste
- S. LE BERRE, pharmacien
- F. SIMO, infirmière.

Aide-chimistes :

- M. ABONA
- F. ESSIMBI
- V. LACTIHI
- V. MBAZOA
- C. MESSI
- A. NGOUHOUE
- B. TABI
- J. TEKAM



INDUSTRIES ALIMENTAIRES ET AGRICOLES

86^e ANNEE

JANVIER 1969 • N° 1

Etude de la digestibilité "in vitro" de l'amidon de diverses plantes alimentaires du Sud-Cameroun

**Influence des transformations technologiques
sur l'amidon de manioc**

par J.-C. FAVIER

Section Nutrition, Centre ORSTOM de YAOUNDE (Cameroun)

Etude de la digestibilité "in vitro" de l'amidon de diverses plantes alimentaires du Sud-Cameroun

Influence des transformations technologiques sur l'amidon de manioc

par J.-C. FAVIER

Section Nutrition, Centre ORSTOM de YAOUNDE (Cameroun)

On sait que le terme de digestibilité exprime deux notions.

Comme l'explique JACQUOT (1), l'une, celle des nutritionnistes et des physiologistes, traduite par le Coefficient d'utilisation digestive (C.U.D.), désigne la capacité pour un aliment donné d'être bien utilisé, c'est-à-dire de donner des nutriments réellement absorbés au niveau de la muqueuse intestinale. Elle est déterminée par des mesures *in vivo*.

L'autre, celle des médecins et du public, est une notion qualitative, exprimant qu'un aliment est digéré plus ou moins vite et facilement. Elle peut être traduite par la vitesse de l'attaque enzymatique de l'aliment au cours du transit digestif. On l'appelle quelquefois digestibilité *in vitro* car la dégradation d'un aliment par les enzymes peut être mesurée sans avoir recours à l'expérimentation sur animaux.

Les nombreuses recherches effectuées sur l'amidon ont montré que sa vitesse d'hydrolyse enzymatique dépendait de sa structure granulaire et physico-chimique, cette structure étant elle-même sous la dépendance de l'origine botanique de l'amidon considéré et des traitements technologiques qu'il a préalablement subis (2).

C'est ainsi que depuis BROWN et HERON, il est habituel de classer en deux groupes les amidons crus, selon leur vitesse d'hydrolyse enzymatique :

- amidons de céréales et de manioc, faciles à hydrolyser ;
- amidons d'organes souterrains autres que le manioc (pomme de terre, arrow-root, patate douce), plus résistants.

On sait aussi que certains traitements, tels que le broyage, le chauffage, l'action des détergents, des acides dilués ou des rayons gamma, accélèrent

la digestion *in vitro* de l'amidon. Dans le domaine des procédés de technologie alimentaire utilisés en Afrique, PERISSE, ADRIAN et JACQUOT (3) ont montré que l'amidon de manioc était plus facilement hydrolysable après la fermentation et le léger chauffage qu'il subit au cours de la préparation du gari.

Le présent travail a eu essentiellement deux objectifs :

1° Comparer les digestibilités *in vitro* des amidons crus de diverses plantes alimentaires du Sud-Cameroun : manioc, macabo (*xanthosoma*), taro (*colocasia*), patate douce, igname, pomme de terre, banane plantain, fruit à pain (*artocarpus communis apyrena*) et maïs.

2° Etudier l'influence de différents modes de préparation du manioc sur la vitesse d'hydrolyse de l'amidon. En particulier, nous voulions savoir si la rapide dégradation de l'amidon de gari, signalée par PERISSE, ADRIAN et JACQUOT, était due à la fermentation ou au séchage à la chaleur.

Le gari, largement consommé dans certaines régions du Cameroun, de la Nigeria, du Dahomey et du Togo, est préparé de la façon suivante :

- les tubercules épluchés sont râpés sur une tôle perforée ; la pulpe ainsi obtenue, introduite dans des sacs de jute, est comprimée entre des planches pendant deux ou trois jours ; l'excès de liquide s'égoutte alors et la pulpe subit un début de fermentation ; elle est ensuite séchée par passage sur une tôle chauffée enduite d'huile de palme.

On obtient une semoule grossière, de couleur crème, de goût acidulé, pouvant se conserver des mois. On la consomme généralement dans de l'eau sucrée ou quelquefois du lait dans lesquels elle

gonfle considérablement ; on peut aussi la faire cuire.

Les autres modes de préparation du manioc utilisés au Cameroun que nous avons étudiés sont ceux du bâton de manioc et de la farine.

Les racines, après épluchage, sont mises à séjourner 2 ou 3 jours dans l'eau pour éliminer les glucosides cyanogénétiques des variétés amères. Elles sont ensuite broyées et la pâte obtenue peut être traitée de trois façons différentes :

- enroulée dans des feuilles de lianes ou de bananier sous forme de bâtons de 2 à 5 cm de diamètre et 40 à 60 cm de long, elle est cuite à la vapeur dans de grandes marmites où elle se transforme en empois translucide ; les bâtons, d'odeur souvent nauséabonde, peuvent être conservés plusieurs jours ; on les utilise surtout au cours des déplacements ;

— étalée et séchée au soleil, la pâte se transforme en galettes qu'il suffit d'écraser pour obtenir de la farine ;

— agglomérée en boules d'environ 500 g déposées sur des claies et exposées à la fumée, elle donne des boules noirâtres et cassantes qu'on peut conserver longtemps et qui, au moment de l'emploi, sont râclées pour éliminer la partie noire et réduites en farine par écrasement.

La farine obtenue par l'un ou l'autre des procédés est jetée dans l'eau bouillante et consommée sous forme de pâte (foufou de manioc).

Quelquefois aussi les racines de manioc sont consommées simplement cuites à l'eau bouillante. Parfois enfin, le manioc doux est mangé cru sans traitement préalable.

MODE OPERATOIRE

La digestibilité *in vitro* de l'amidon a été déterminée par l'étude des cinétiques de son hydrolyse à l'aide de l' α -amylase bactérienne (N.B.C.).

L' α -amylase a été choisie de préférence à la β -amylase car c'est elle qui, chez les animaux, est responsable de la transformation de l'amidon en dextrines, maltose et glucose.

Par ailleurs, l'amylase d'origine bactérienne présente certaines analogies d'action avec l'amylase pancréatique et chez certains animaux, notamment les ruminants, la dégradation de l'amidon semble due surtout aux enzymes de la flore intestinale.

La technique utilisée est la suivante :

- le produit amylicé est broyé (à température inférieure à 50°C) pour traverser un tamis à mailles de 0,4 mm de diamètre ;
- l'amidon est dosé par la méthode gravimétrique de RASK (4) ;
- on prépare ensuite une suspension du produit contenant 2,5 % d'amidon, en milieu pH 6,9 (tampon phosphate 0,005 M) additionnée de mercurothiolate de sodium à la concentration de 1/10.000, et portée à 37°C ; la suspension contient en outre 3 % d' α -amylase par rapport à l'amidon ;
- sur des prélèvements effectués en fonction du temps, on bloque la réaction enzymatique par défécation au ferrocyanure de zinc, et dose les glucides réducteurs par la méthode de HAGEDORN et JENSEN modifiée par ISSEKUTZ-BOTH (4).

Les valeurs obtenues, diminuées des glucides réducteurs présents au temps 0, exprimées en mal-

tose et rapportées au gramme d'amidon initial, sont portées sur graphique en fonction du temps d'hydrolyse.

Cette technique permet d'obtenir des résultats reproductibles. En effet, une première série de mesures effectuées sur l'amidon d'une racine fraîche de manioc a donné pratiquement les mêmes résultats que deux autres cinétiques effectuées cinq mois plus tard sur l'amidon d'une racine de manioc d'origine différente (tableau ci-après).

REPRODUCTIBILITE DES CINETIQUES EFFECTUEES SUR L'AMIDON DE MANIOC CRU

Temps	Réducteur produit par hydrolyse de 1 gramme d'amidon (exprimé en milligrammes de maltose)		
	1 ^{re} série mars 1966	2 ^e série août 1966	3 ^e série août 1966
0	0	0	0
15 mn	3,7	2,9	4,6
30 mn	6,8	7,8	7,5
1 h	15,5	10,7	11,1
1 h 30 mn	20,6	—	—
2 h	26	22,3	18,9
2 h 30 mn	30,2	—	—
3 h	35,1	34,1	30,0
4 h	—	37,5	35,8
5 h 30 mn	43,5	—	—
7 h	—	58,8	58,7
8 h	65,8	—	—
9 h	—	72,5	71,8
23 h	149,1	{ 144,6 147,5	{ 152,1 153,6

RESULTATS ET DISCUSSION

1. DIGESTIBILITE « IN VITRO » DES AMIDONS CRUS

Les cinétiques d'amylolyse des amidons de divers produits à l'état cru sont représentées sur la figure 1.

Le classement de ces produits par facilité d'amylolyse croissante correspond tout à fait avec celui indiqué par SANDSTEDT (5) pour les amidons de pomme de terre, manioc et maïs.

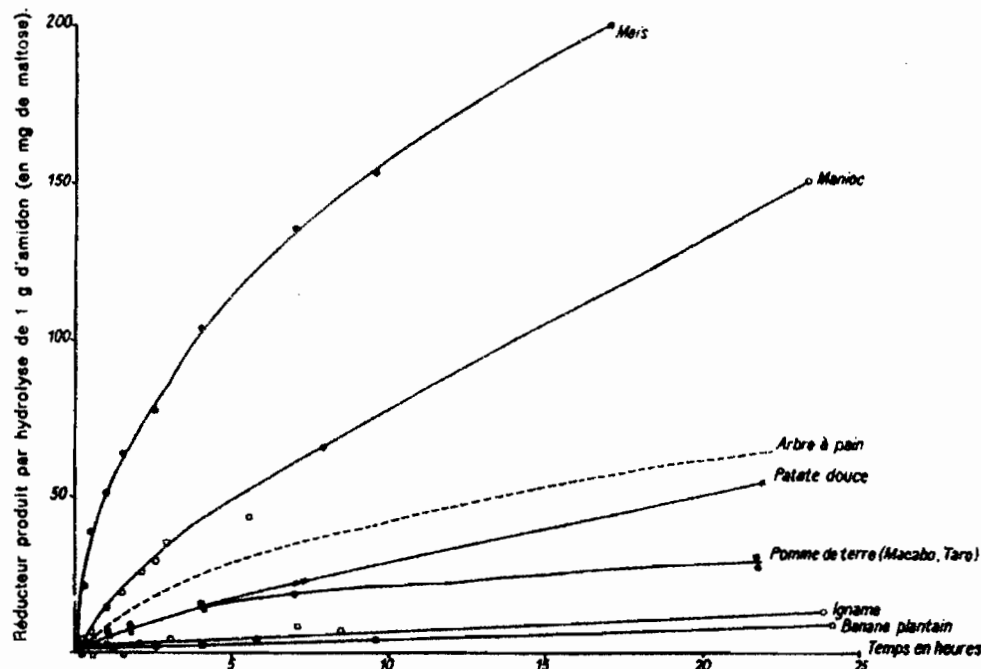


Figure 1. — Cinétique de l'hydrolyse par l' α -amylase bactérienne d'amidons crus de différentes origines.

Il apparaît que les amidons des plantes alimentaires du Sud-Cameroun entrent dans la classification de BROWN et HERON : l'amidon de maïs est rapidement hydrolysé, alors que ceux de la banane plantain, du fruit à pain* et des organes souterrains le sont lentement, le manioc cependant se situant dans une position intermédiaire.

Les amidons de banane plantain et d'igname sont les plus difficilement hydrolysables. Viennent ensuite les amidons de pommes de terre, de macabo et de taro, tous trois ayant sensiblement la même valeur (figure 2), puis ceux de patate douce et de fruit à pain.

* Etant donné la grande dispersion des valeurs obtenues pour l'amidon du fruit à pain, la courbe correspondante a été tracée sur la figure 1 en pointillés.

Dans le cas des déterminations de MERCIER et coll. (6) et de GUILBOT et coll. (7) dans des conditions d'amylolyse très comparables aux nôtres, les valeurs obtenues pour le maïs sont pratiquement les mêmes que celles retrouvées ici. Par contre, les résultats observés sur amidon de manioc extrait et séché sont sensiblement plus élevés que ceux obtenus sur racine fraîche, bien que la vitesse finale d'amylolyse soit la même dans les deux cas ; tout se passe comme si une partie des grains d'amidon avait été endommagée au cours des processus d'extraction et de séchage. Pourtant, dans le cas de la farine de manioc — dont l'amidon a subi, également, une opération de séchage — nos résultats indiquent une amylolyse plus lente que pour la racine fraîche.

Réducteur produit par hydrolyse de 1 g d'amidon (exprimé en mg de maltose).

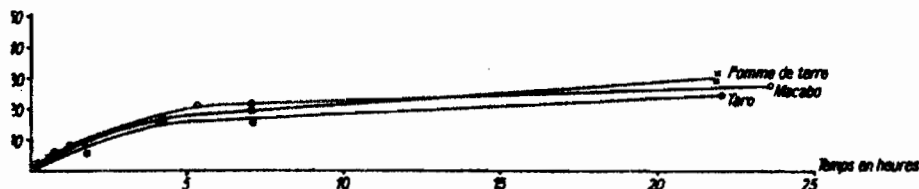


Figure 2. — Cinétique de l'hydrolyse par l' α -amylase bactérienne d'amidons crus de pomme de terre, macabo et taro.

2. DIGESTIBILITE « IN VITRO » DES DIVERSES PREPARATIONS DU MANIOC

A) Farine.

L'amidon de farine de manioc est hydrolysé nettement moins rapidement que l'amidon de la racine fraîche (figure 3). La cause en pourrait être soit une rétrogradation au cours de la préparation

aussi bref et modéré soit-il, apparaît comme responsable de la facilité d'amylolyse du gari.

C) Bâton de manioc.

Les figures 4 et 5 montrent que si les glucides réducteurs initialement présents sont en quantité plus importante dans le bâton de manioc que dans le gari, l'action de l'amylase ne tarde pas à en

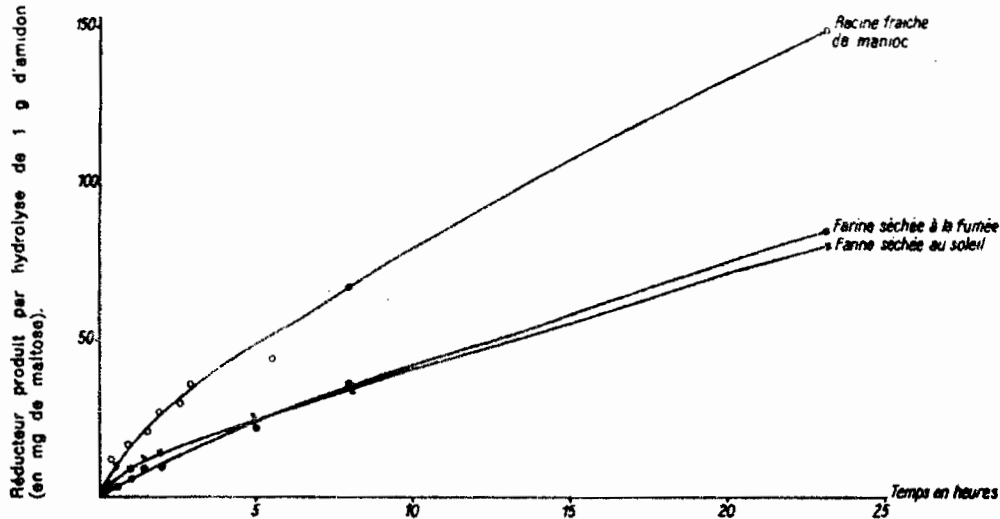


Figure 3. — Cinétique d' α -amylolyse bactérienne de l'amidon de racine fraîche et de farine séchée de manioc.

ou de la conservation, soit la présence dans la racine fraîche d'enzymes attaquant également l'amidon.

B) Gari.

La pulpe fermentée obtenue au cours de la préparation du gari est hydrolysée légèrement moins

faire apparaître chez ce dernier autant que dans le premier.

Ces premiers résultats sont difficilement interprétables compte tenu que l'amidon n'a pu être dosé dans le bâton par la méthode de RASK. La suspension a été préparée de telle sorte que sa

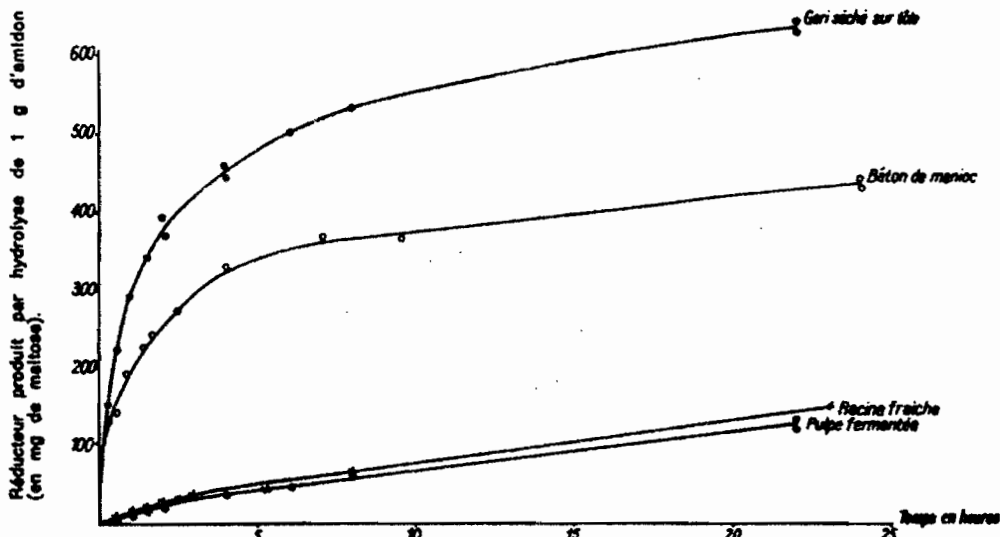


Figure 4. — Cinétique d' α -amylolyse bactérienne de l'amidon de différentes préparations de manioc.

vite que la racine fraîche (figure 4). La fermentation n'intervient donc pas pour accroître la sensibilité de l'amidon à l'amylase. Seul le chauffage,

teneur en matière sèche était la même que celle d'une suspension à 2,5 % d'amidon de racine fraîche.

On peut se demander cependant si une partie de l'amidon n'est pas hydrolysée au cours de la cuisson ou de la conservation de ces bâtons, ce

qui rendrait compte de la valeur importante des sucres réducteurs préexistants au moment de l'amylolyse « in vitro ».

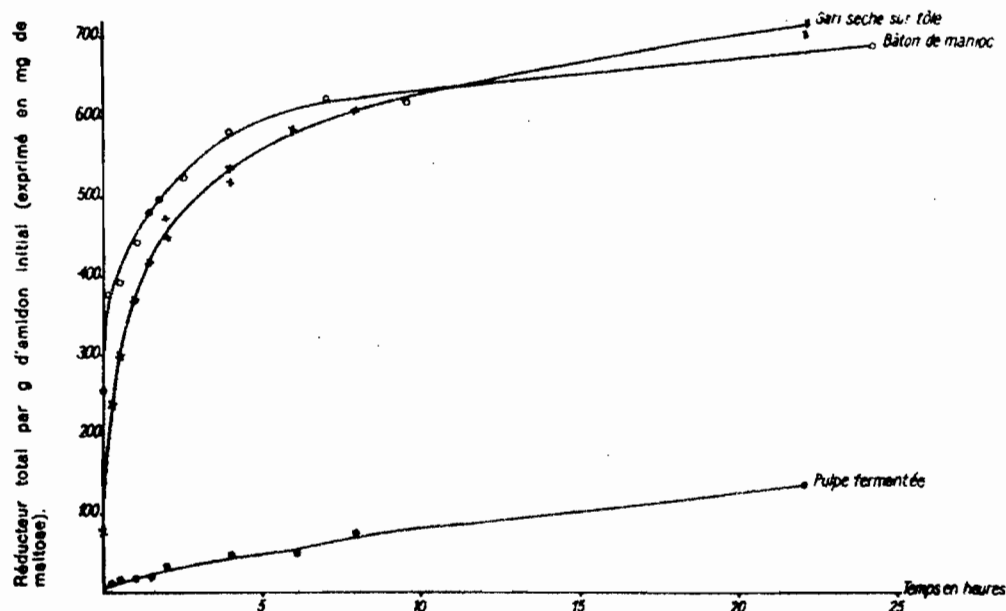


Figure 5. — Evolution des glucides réducteurs totaux dans différentes préparations de manioc soumises à l' α -amylolyse bactérienne.

CONCLUSION

Les cinétiques d'amylolyse effectuées sur les amidons crus de diverses plantes alimentaires du Sud-Cameroun nous ont permis de vérifier dans certains cas, de constater dans d'autres, que l'amidon de la banane plantain, du fruit à pain et des tubercules était beaucoup moins vite hydrolysé que celui des céréales, l'amidon du manioc étant intermédiaire entre les deux groupes.

Il s'ensuit que dans les tentatives d'élevage de bétail sédentaire qui sont suscitées actuellement en

Afrique tropicale, il convient de persuader les éleveurs de cuire les bananes plantains et les tubercules à l'usage des animaux s'ils veulent en tirer le plus grand parti possible.

Par ailleurs, il apparaît que parmi les transformations technologiques du manioc utilisées au Cameroun, seuls les traitements thermiques entraînent un accroissement de la vitesse de dégradation enzymatique de l'amidon. La fermentation notamment n'intervient pas.

BIBLIOGRAPHIE

- (1) R. JACQUOT. — Les facteurs d'efficacité alimentaire — les aliments. Extrait du cours de Nutrition FAO-OMS. 1955-1956.
- (2) A. GUILBOT et Ch. MERCIER. — Répercussions sur la digestibilité de l'amidon des modifications de sa structure physico-chimique au cours de ses transformations technologiques. Ind. Agr. Alim. Nov. 1962 — 70, n° 11, 939-947.
- (3) J. PERISSE, J. ADRIAN et R. JACQUOT. — Etude « in vitro » et « in vivo » de la digestibilité du manioc sous différentes formes : farine entière, farine blutée, féculé et gary. Ann. Nutrition et Alimentation. 1956, 10, n° 2, 13-21.
- (4) A. BRUNEL. — Traité Pratique de chimie végétale, tome III.
- (5) R.M. SANDSTEDT. — Fifty years of progress in Starch chemistry. Cereal Science Today, 1965, 10, 305-314.
- (6) C. MERCIER et C. CALET. — Valeur Nutritionnelle Globale du maïs. Ann. Nutrition et Alimentation, 1966, 20, 2, 241-256.
- (7) J. HOLLO et A. GUILBOT. — L'utilisation industrielle de l'igname et les caractéristiques de son amidon. Premier Congrès International des Industries Agricoles et Alimentaires en zones tropicales et subtropicales. Abidjan, décembre 1964. Tome I., 537-557.

LES TRANSFORMATIONS TECHNOLOGIQUES DU MANIOC AU CAMEROUN

LEUR INFLUENCE SUR LA VALEUR NUTRITIVE

par

J.C. FAVIER, S. CHEVASSUS-AGNES, G. GALLON

Section Nutrition de l'ORSTOM

Y A O U N D E

avec la collaboration technique de :

M. ABONA, F. ESSIMBI, V. LACTHIH, V. MBAZOA,

C. MESSI, A. NGOUHOUCO et B. TABI.

S O M M A I R E

	page
INTRODUCTION : importance du manioc au Cameroun et en Afrique	3
OBJET DU TRAVAIL	5
ASPECTS BOTANIQUE ET AGRONOMIQUES	6
COMPOSITION CHIMIQUE ET VALEUR NUTRITIVE	8
LES TRAITEMENTS TECHNOLOGIQUES DE LA RACINE DE MANIOC.	
Leur influence sur la valeur nutritive	10
I) Epluchage	11
II) Rouissage	13
III) Broyage	16
IV) Séchage-fumage	17
V) Séchage au soleil	19
- Comparaison des farines de manioc et de leurs modes de préparation	20
- Utilisation de la farine de manioc	22
VI) Bâton de manioc	23
VII) Gari	24
VIII) Cuisson à l'eau et préparation de Medua-me-mbong	28
DISCUSSION DES RESULTATS	29
INFLUENCE DES TRANSFORMATIONS TECHNOLOGIQUES SUR LA DIGESTIBILITE	37
TRANSFORMATIONS TECHNOLOGIQUES INDUSTRIELLES	40
CONCLUSION	44
ANNEXE : TECHNIQUES D'ANALYSES	46
BIBLIOGRAPHIE	47

I N T R O D U C T I O N

Le manioc occupe une place très importante dans l'alimentation des populations des zones guinéenne et équatoriale d'Afrique. Mais sa production est extrêmement difficile à évaluer dans les pays où il n'est pas l'objet de plantation industrielle. En effet, cultivé le plus souvent dans des champs très anarchiques tant par leurs formes que par la disposition des diverses plantes qui y poussent, il est récolté au fur et à mesure des besoins, fréquemment sur un à deux ans. Il est donc excessivement malaisé d'évaluer les superficies et les rendements de ses cultures.

Malgré toutes ces difficultés, et sachant que les erreurs d'appréciation peuvent être considérables, on estime que le manioc couvre une superficie d'environ 250 000 ha au Cameroun Oriental (Cameroun francophone). La densité des plantations étant, selon les régions, de 300 à 700 pieds/ha en cultures mixtes (*) ou de 1 200 à 1 600 pieds/ha en cultures vivrières associées (*), et le rendement d'un pied de deux ans pouvant être estimé à 3,5 kg de racines, on peut évaluer très grossièrement la production annuelle du Cameroun Oriental à 525 000 tonnes (tableau 1).

(*) Cultures mixtes : le manioc est associé à une autre plante, le plus souvent l'arachide.

Cultures vivrières associées : plusieurs plantes vivrières sont cultivées simultanément sur le même champ. Par exemple : manioc, courge, arachide, maïs ...

T A B L E A U 1

ESSAI D'EVALUATION DE LA PRODUCTION DE MANIOC AU CAMEROUN ORIENTAL

(d'après les statistiques de la Direction de l'Agriculture)

	Départements de l'Ouest			Autres départements		
	Superficie (ha)	Nombre de pieds/ha	Production annuelle en tonnes (*)	Superficie (ha)	Nombre de pieds/ha	Production annuelle en tonnes (*)
Plantations mixtes	65 400	700	80 115	37 000	300	19 425
Plantations vivrières associées	30 400	1 600	85 120	161 800	1 200	339 780
T O T A L	95 800		165 233	198 800		359 205

TOTAL CAMEROUN ORIENTAL : 294 600 hectares

524 440 tonnes

(*) Sur la base de 3,5 kg de racines par pied de 2 ans.

Un autre procédé d'estimation de la production de manioc réside dans l'utilisation des résultats d'enquêtes de consommation alimentaire. Les échanges de ce produit à travers les frontières étant pratiquement nuls, on peut en effet considérer que sa production est égale à sa consommation. L'extrapolation à l'ensemble du Cameroun des quantités consommées par les échantillons de populations enquêtés risque cependant de mener à de très larges approximations, car des régions très peuplées n'ont encore fait l'objet d'aucune enquête. Par ailleurs, certains échantillons retenus ne sont pas statistiquement représentatifs des populations concernées.

Un tel calcul conduit à évaluer à 490 000 tonnes la production annuelle de manioc au Cameroun Oriental (tableau 2). Ce résultat est assez peu éloigné des 525 000 tonnes des statistiques agricoles ou des 450 000 tonnes avancées en 1966 par l'Annuaire de la production de l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (F.A.O.). Selon cette dernière source, la production du Cameroun Occidental (anglophone) serait de 250 000 t, soit 700 000 t pour l'ensemble de la République Fédérale du Cameroun. Plusieurs autres pays africains, Congo-Brazzaville, Kenya, Madagascar, dépassent les 500 000 t tandis qu'Angola, République Centrafricaine, Dahomey, Ghana, Côte-d'Ivoire, Tanzanie, Togo et Ouganda produisent au moins le million de tonnes. La République du Congo (Kinshasa) et le Nigéria dominent nettement les autres pays avec respectivement 6,6 et 7 millions de tonnes (tableau 3).

L'ensemble de l'Afrique, avec près de 30 millions de tonnes, n'assure pas cependant la moitié de la production mondiale (77 593 t).

L'importance du manioc pour certains pays de la zone équatoriale forestière et de la zone guinéenne se confirme lorsqu'on recherche les chiffres de consommation individuelle dans les résultats d'enquêtes alimentaires (tableau 4). C'est ainsi que PERISSE (1)

T A B L E A U 2

ESSAI D'EVALUATION DE LA CONSOMMATION
DE MANIOC AU CAMEROUN ORIENTAL

	Consommation journalière per capita (en grammes)	Nombre d'ha- bitants	Consommation annuelle (en tonnes)	Sources
Zone cacaoyère	493	1 050 000	189 000	réf. 5
Adamaoua	184 à 1 167	197 000	32 800	réf. 4
Est	991	235 000	85 000	réf. 3
Littoral	240	520 000	46 000	réf. 3
Ouest	400	780 000	113 900	(*)
Bénoué	184	303 000	20 300	(*)
Nord	3	984 000	1 100	réf. 3
T O T A L Cameroun Oriental		4 069 000	488 100	

(*) En l'absence d'enquête dans ces régions, nous avons estimé à 400 grammes la consommation journalière per capita dans les départements de l'Ouest en nous basant sur les quelques connaissances que nous avons de cette région et sur les taux de consommation des Bamiléks à Douala.

Nous avons attribué à la Bénoué la consommation journalière per capita des autochtones de la zone mil de l'Adamaoua.

T A B L E A U 3

STATISTIQUES DE PRODUCTION DU MANIOC EN 1966

(principaux pays africains producteurs)

d'après l'Annuaire de la Production de la
FAO - édition 1967

! P a y s	! Milliers "	! P a y s	! Milliers "
! de tonnes	!"	! de tonnes	!"
! Angola	! 1 500	" Côte d'Ivoire	! 1 044
! Cameroun	! 700	" Kenya	! 500
! Rép. Centre Africaine	! 1 000	" Madagascar	! 870
! Congo-Brazzaville	! 700	" Nigéria	! 7 000
! République du Congo (Kinshasa)	! 6 560	" Tanzanie	! 1 050
! Dahomey	! 1 200	" Togo	! 1 000
! Ghana	! 1 250	" Ouganda	! 1 500
!	!	"	!
!	!	"	!

Afrique 29 372

Ensemble du monde 77 593

T A B L E A U 4

CONSOMMATION JOURNALIERE DE MANIOC PER CAPITA

	! Manioc racine ! (g)	! Pain de manioc ! (g) (*)	! Gari ! (g)	! Apport calorique ! (en % de la ration!
<u>Congo-Brazzaville</u> (2)	!	!	!	!
Zone forestière (Nord)	60	40	-	6
Zone forestière (Sud)	100	800	-	54
Zone de savane	100	700	-	61
Zone cotière	310	330		46
<u>Sud - Togo</u> (1)	!	!	!	!
Ethnie Ewée	396	-	12	30
Ethnie Ouatchi	26	-	286	50
<u>Cameroun</u> (3, 4, 5)	! (**)	!	!	!
Zone forestière cacaoyère	493	-	-	24
Est (forêt et savane)	991	-	-	56
Est (Savane seule)	1 727	-	-	88
Adamaoua (zone de savane)	184 à 1 107	-	-	10 à 64
Douala (zone urbaine)	97 à 1 079	-	-	6 à 68 %
<u>Madagascar</u> (5 ter)	248	-	-	13

(*) Pain de manioc ou chikouangue : pâte de manioc cuite à l'étuvée (voir page 22).

(**) Les valeurs données ici correspondent au poids total de racine fraîche qui, après transformation, est consommée sous différentes formes.

note que, dans le Sud du Togo, le manioc figure au menu de 84 à 98 % des repas, assurant selon les saisons de 40 à 60 % de l'apport énergétique de la ration. Au Congo-Brazzaville, selon BASCOULLERGUE et BERGOT (2), il fournirait 1 000 à 1 500 calories journalières per capita et ne verrait sa primauté contestée que dans certaines régions de forêt où il est concurrencé par la banane plantain. Il en est de même dans la moitié Sud du Cameroun où il est, de loin, l'aliment de base le plus consommé. Parfois il fournit à lui seul 88 % des calories de la ration, sa consommation record étant de 1 727 g (*) par jour et par personne dans les savanes de l'Est où l'absence de mil et la rareté de la banane plantain lui laissent la suprématie absolue (3, 4, 5).

Le manioc est également le principal aliment de base pour de nombreuses autres populations africaines notamment en Nigéria (5 bis), au Congo-Kinshasa et à Madagascar (5 ter).

OBJET DU TRAVAIL

Le but du présent travail est de mieux connaître les transformations technologiques traditionnelles du manioc au Cameroun et leur influence sur la valeur nutritive des produits qui en dérivent. De plus, les fermentations n'étant pas rares dans les techniques culinaires africaines, il nous a paru intéressant d'étudier l'influence que pouvaient avoir sur la composition en vitamines B celles qui se produisent au cours de la technologie du manioc. Divers auteurs, notamment GOLBERG et coll. (6), PERISSE et coll. (7) ainsi que PLATT (8) ont noté de très sensibles augmentations de riboflavine et quelquefois de thiamine, niacine, cyanocobalamine et acide folique lors de la préparation de plusieurs mets traditionnels africains fermentés : bières de mil ou de maïs, bouillies de céréales, laits aigris, etc.

(*) Racine entière telle d'achetée, avant mondage, épluchage et nettoyage.

Ces renseignements doivent permettre de rendre plus précise la conversion des aliments en nutriments au cours des enquêtes de consommation ou lors des études d'économie alimentaire : bilans des disponibilités, planification des productions vivrières ... Dans le domaine de l'éducation nutritionnelle et de l'économie ménagère, une meilleure connaissance de la valeur nutritive des diverses formes du manioc et de l'influence de leurs modes de préparation peut conduire à recommander certaines d'entre elles et à préconiser des perfectionnements dans les procédés culinaires. Eventuellement, cette connaissance peut aussi déboucher sur des essais de transposition des techniques traditionnelles, avec ou sans amélioration, à la préparation industrielle de dérivés du manioc. Par ailleurs, à l'occasion de cette étude, certaines perspectives d'utilisation industrielle sont évoquées.

ASPECTS BOTANIQUES ET AGRONOMIQUES

Bien que nombre d'auteurs fassent mention de diverses épithètes (Manihot utilissima, M. dulcis, M. aipi, M. palmata) correspondant à des différences dans la teneur des racines en glucosides cyanogénétiques, il n'existe en fait, d'après les études taxonomiques de CIFFERI (9, 10) et de ROGERS (11), qu'une seule espèce, MANIHOT ESCULENTA CRANTS.

Par contre, les variétés sont très nombreuses : environ 300. D'un point de vue pratique on les classe en deux groupes suivant leur teneur en manihotoxoside : variétés douces et variétés amères. Cependant, les racines d'une même variété peuvent contenir une plus ou moins grande quantité de glucosides selon les conditions écologiques. Ainsi un manioc doux en plantation normale peut devenir amer si la teneur en eau du sol s'accroît ou si la sécheresse provoque une réduction de croissance. La proportion d'acide cyanhydrique varie également au cours du développement et d'un tissu à l'autre, les racines âgées étant plus chargées que les jeunes et l'écorce interne plus toxique que le cylindre central.

Il n'en demeure pas moins vrai que, malgré les variations qui peuvent se produire dans leur teneur en hétérosides cyanogénétiques, il y a des différences entre les variétés. Les unes en contiennent généralement plus que d'autres, ce qui justifie leur classement sur le plan pratique, les premières ayant une saveur plus douce et moins amère que les secondes (12).

Manihot esculenta est une ^{haute} arbustive pluriannuelle pouvant atteindre, en culture, deux à trois mètres de hauteur et même quatre ou cinq mètres si on ne la récolte pas (figure 1). Les tiges, de deux à trois centimètres de diamètre, portent des feuilles alternes, à multiples lobes foliaires, de formes variées et de couleur vert clair à vert foncé, quelquefois pourpre dans le jeune âge. Les fleurs unisexuées, de couleur rose, pourpre, jaunâtre ou verdâtre sont groupées en panicules terminales.

Les racines tuberisées, riches en amidon, disposées en faisceaux, atteignent généralement au moment de la récolte vingt à cinquante centimètres de longueur et cinq à quinze centimètres de diamètre (figure 2). Leur poids est compris entre deux cents grammes et trois kilogrammes. Dans certaines circonstances elles peuvent atteindre un mètre de longueur et peser vingt à vingt-cinq kilogrammes.

La plante peut se développer dans toutes sortes de sols, même très médiocres. La culture traditionnelle demande peu de soins : le sol, simplement défriché, le plus souvent par brûlis, ne reçoit généralement pas d'autre préparation qu'un ameublissement à la houe, quelquefois une disposition en buttes ou en billons. La mise en place, en zone forestière, peut se faire à n'importe quelle époque, mais le plus souvent c'est le début de la saison des pluies qui est choisi. Les boutures, fragments de tiges de 10 à 40 cm de long, sont enfoncées dans le sol, à la main, soit horizontalement soit plus ou moins inclinées. Au cours du développement, le sol est sarclé périodiquement et la terre ramenée en butte autour des tiges.

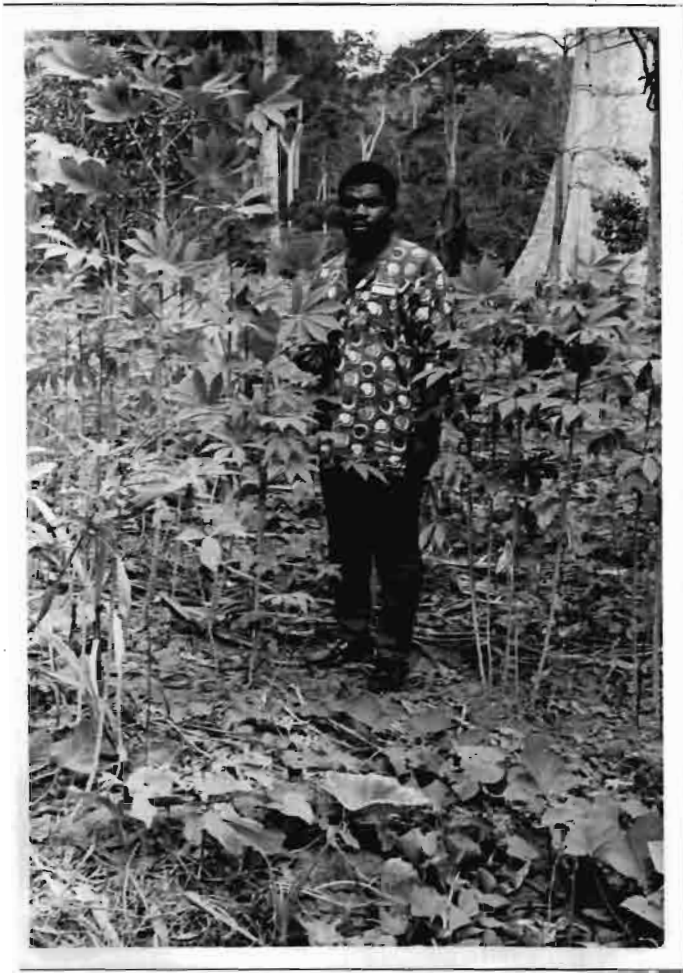
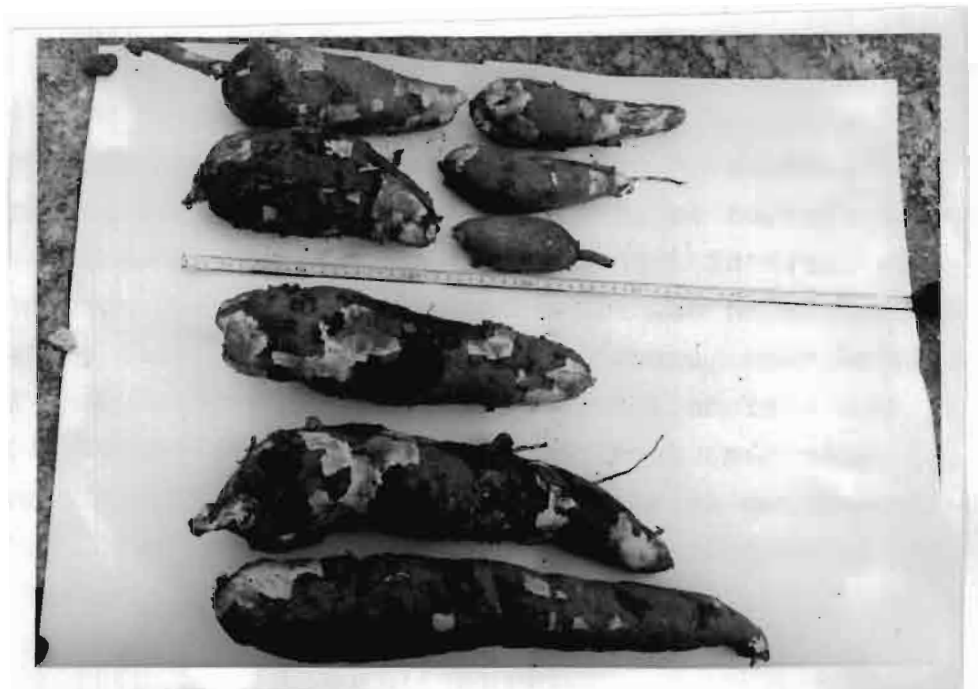


Figure 1
Plants de manioc

Figure 2
Racines de manioc



La récolte peut s'effectuer au bout de 12 mois, surtout si les tubercules sont doux et destinés à être consommés crus ou cuits à l'eau. Le plus souvent, cependant, elle ne se fait qu'après 18 à 24 mois ; les racines, plus dures et lignifiées, ne peuvent servir alors qu'à la préparation de farine, bâtons ou gari. On procède à l'arrachage soit de la totalité d'un pied, soit tubercule par tubercule au fur et à mesure des besoins, car il n'est pas possible de conserver le manioc frais plus de 2 ou 3 jours après la récolte. Cette large tolérance dans le choix de la période d'arrachage constitue un avantage appréciable car les racines ainsi stockées en terre sont disponibles au moment du besoin, tout au long de l'année, et les populations qui cultivent le manioc sont à l'abri des dures périodes de soudure.

Le succès du manioc, originaire d'Amérique du Sud et introduit en Afrique par les navigateurs portugais au XVI^e siècle, tient essentiellement à ses qualités exceptionnelles : facilité de culture, résistance aux maladies parasitaires, rendements assurés et relativement élevés, possibilité de conservation dans le sol et disponibilité en toute saison.

COMPOSITION CHIMIQUE ET VALEUR NUTRITIVE

Le tableau 5 présente les ^{teneurs}~~teneurs~~ moyennes et extrêmes en principes nutritifs des parties comestibles des cinq échantillons de manioc que nous avons achetés sur les marchés de Yaoundé et analysés.

La racine de manioc apparaît comme un aliment essentiellement énergétique. Riche en amidon, peu encombrée d'indigestible glucidique, assez bien pourvue en acide ascorbique, elle est très pauvre en tous les autres nutriments : lipides, sels minéraux, vitamines et surtout protides. De plus, comme l'ont montré BIGWOOD - ADRIAENS (15) et BUSSON (16), une partie seulement de l'azote est sous forme protidique et les acides aminés sont très mal équilibrés, 25 % d'entre eux seulement étant essentiels. Cette indigence du manioc, aussi bien quantitative que qualitative, accentue le déséquilibre des régimes alimentaires

T A B L E A U 5

COMPOSITION CHIMIQUE DU MANIOC
(pour 100 g de partie comestible)

	R A C I N E		E C O R C E		F E U I L L E S*
nbres d'échantillons analysés!	5		4		-
lories	(158	165 - 180)	(114	114 - 117)	59
midité (g)	(54,4	58,3 - 62,7)	(69,6	70,2 - 71,7)	83,8
otides (g)	(0,46	0,63 - 0,84)	(2,1	2,54 - 3,5)	7,4
pides (g)	(0,1	0,2 - 0,3)	(0,2	0,3 - 0,3)	1,3
ucides totaux (g)	(38,5	40,1 - 44,1)	(25,3	26,1 - 27,0)	6,2
digestible glucidique (g)	(0,8	0,8 - 0,8)	(2,0	2,4 - 2,9)	-
ndres (g)	(0,6	0,7 - 0,9)	(0,6	0,9 - 1,4)	1,3
lcium (mg)	(16	17 - 21)	(55	67 - 82)	260
osphore (mg)	(30	51 - 97)	(13	23 - 31)	74
/ P	(0,17	0,34 - 0,60)	(1,99	2,91 - 5,48)	3,5
†	(0,2	0,6 - 0,8)	(1,8	5,8 - 14,0)	2
lamine (mg)	(0,03	0,04 - 0,05)	(0,19	0,22 - 0,28)	-
boflavine (mg)	(0,02	0,02 - 0,03)	(0,04	0,04 - 0,04)	-
acine (mg)	(0,54	0,67 - 0,81)	(0,89	1,0 - 1,09)	-
ide ascorbique (mg)	(21	25 - 28)	(16	20 - 25)	242

* d'après J. PELE et S. LE BERRE - référence bibliographique 14

dont il est la base et explique les préventions des nutritionnistes à son égard. Si on peut le considérer comme un aliment précieux par ses avantages agronomiques, il ne faut pas perdre de vue qu'une ration, par ailleurs pauvre en protéines, devient gravement déséquilibrée quand la place du manioc y excède celle d'un simple aliment d'appoint énergétique.

Nous considérons l'écorce interne comme partie comestible car WALKER (13) signale sa consommation au Gabon en période de disette. Par ailleurs, les FANGS, qui peuplent l'extrême-Sud du Cameroun et sont proches des populations du Gabon, la consomment couramment même en période d'abondance. Elle apparaît mieux pourvue en principes nutritifs que le cylindre central surtout si l'on tient compte de sa plus grande richesse en eau. Les teneurs en protéines, fer, thiamine et niacine semblent acceptables. Il faut toutefois noter que la quantité relativement élevée d'indigestible glucidique risque de réduire l'utilisation des autres constituants de la ration. Par ailleurs, comme nous le verrons ultérieurement, la préparation spéciale que doit subir l'écorce avant d'être consommée a des repercussions notables sur sa composition.

Nous donnons aussi la composition des feuilles telle qu'elle a été établie par J. PELE et S. LE BERRE (14) en raison de leur large utilisation comme épinards dans toutes les régions productrices de manioc. C'est ainsi que leur consommation journalière per capita atteint 64 g dans l'Est du Cameroun (3). Les feuilles de manioc sont un excellent aliment par leur richesse en protides, calcium, sels minéraux totaux et vitamine C. Bien mieux, ainsi que l'ont vérifié BUSSON et BERGERET sur un échantillon provenant du Cameroun, la composition de leurs protides en amino-acides est beaucoup mieux équilibrée que celle des protides de la farine de tubercules (17).

LES TRAITEMENTS TECHNOLOGIQUES DE LA RACINE DE MANIOC
LEUR INFLUENCE SUR LA VALEUR NUTRITIVE

Les préparations du manioc sont nombreuses et variées (figure 3). Les plus complexes ont pour but de supprimer son amertume et sa toxicité par élimination des manihotoxosides. Elles mettent en oeuvre l'épluchage et le rejet de l'écorce riche en substances toxiques, l'immersion prolongée dans l'eau pour dissoudre les glucosides, le broyage ou le pulpage pour favoriser leur contact avec les enzymes hydrolysantes, l'exposition à l'air, la dessiccation ou la cuisson pour chasser l'acide cyanhydrique gazeux.

Le manioc doux est quelquefois consommé cru, après simple épluchage, comme une friandise. Plus souvent il est pelé, découpé en gros morceaux et mis à cuire dans l'eau bouillante. On peut alors le consommer immédiatement sous forme de manioc bouilli.

Le manioc bouilli peut aussi être découpé en fragments plus petits, mis ensuite à tremper dans l'eau courante pendant douze à trente six heures : c'est le medua-me-mbong des Ewondos du Centre-Sud du pays. Le medua-me-mbong peut également être préparé à partir de manioc amer. Le lavage prolongé se justifie alors par l'élimination des principes toxiques.

Mais les formes d'utilisation du manioc, doux ou amer, les plus fréquemment rencontrées au Cameroun sont la farine et le bâton. Leur préparation requiert plusieurs opérations (épluchage, rouissage, défibrage, broyage) suivies d'un séchage au soleil ou à la fumée pour la farine, et d'une cuisson à l'étuvée pour le bâton. Même les racines les plus fibreuses et les plus amères peuvent être utilisées à la préparation de farine ou de bâton.

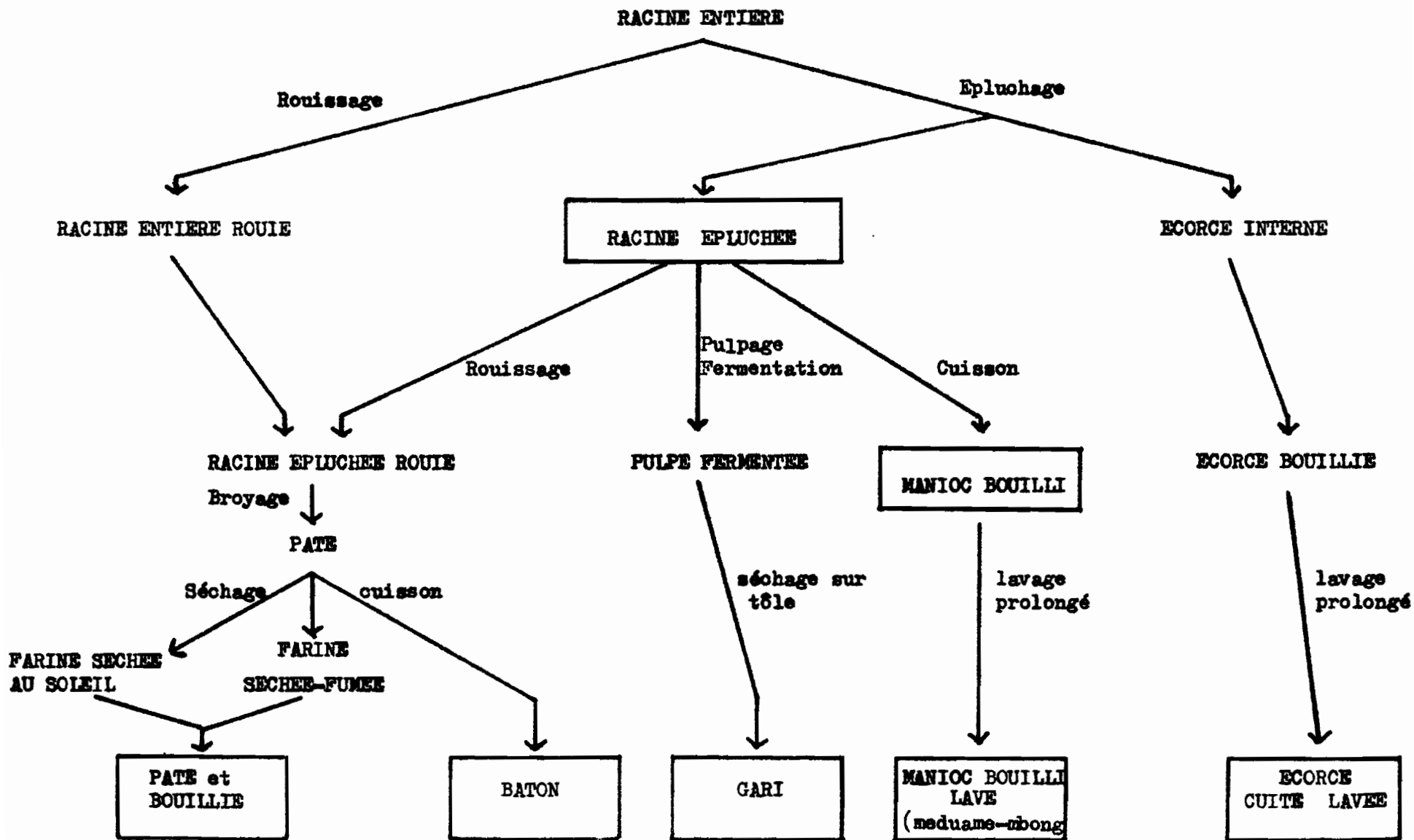
Enfin, le gari, manioc râpé, fermenté puis séché, est une forme très appréciée dans l'Ouest du Cameroun, en Nigéria, au Togo, et au Dahomey.

Nous allons décrire plus en détail les opérations que ces modes de préparations requierent et étudier leur influence sur la valeur nutritive.

TECHNOLOGIE TRADITIONNELLE

DE LA RACINE DE MANIOC

(les formes directement consommables sont encadrées)



Les tableaux 6 à 10 bis présentent le bilan nutritionnel des cinq transformations que nous avons observées dans la cuisine camerounaise :

- tableaux 6 - 6 bis, rouissage avec écorce, préparation de farine séchée au soleil ;
- tableaux 7 - 7 bis, rouissage sans écorce, préparation de farine séchée au soleil ;
- tableaux 8 - 8 bis, rouissage sans écorce, préparation de farine fumée-séchée et de bâton ;
- tableaux 9 - 9 bis, rouissage sans écorce, préparation de bâton ;
- tableaux 10 - 10 bis, préparation de gari.

Les microorganismes qui se développent dans les aliments étant souvent responsables d'une élévation de l'acidité, nous avons pensé que cette donnée pouvait être un bon indice de l'intensité des fermentations susceptibles de se produire au cours de certains traitements. Effectivement à l'examen de la figure 4, il s'avère que la plupart des dérivés du manioc sont plus ou moins fermentés et ont une acidité nettement supérieure à celle de la racine dont ils sont issus.

I) Epluchage

La racine de manioc possède deux enveloppes. L'une, l'écorce externe, jaune, brune ou rougeâtre, fine, de nature subéreuse, se détache très facilement. L'autre, appelée communément écorce interne, de couleur blanchâtre, épaisse de 1 à 2 mm, nécessite l'emploi d'un couteau ou d'une machette pour être enlevée. Quoique plus riche en éléments nutritifs que le cylindre central, elle est rejetée par la plupart des ethnies en raison de sa teneur plus élevée en glucosides cyanogénétiques et en fibres.

Les quatre opérations d'épluchage et émondage que nous avons observées ont donné les pourcentages suivants, par rapport à la racine entière telle qu'achetée :

T A B L E A U 6

ROUISSAGE AVEC ECORCE ET PREPARATION DE FARINE SECHEE AU SOLEIL

	Matière sèche		Calories	Protides		Lipides		Glucides totaux		Indigestible glucidique		Cendres		
	g	Perte en % (*)	Perte en % (*)	g	Perte en % (*)	g	Perte en % (*)	g	Perte en % (*)	g	Perte en % (*)	g	Perte en % (*)	
Racine entière 9 000 g correspondant à racine mondée 8 433 g	3 660	0	14 500	0	86,7	0	13,3	0	3 508	0	91	0	51,8	0
Racine rouie puis épuchée 6 404 g	2 902	-21	11 550	-20	52,5	-39	8,8	-34	2 808	-20	42	-54	32,8	-37
Farine séchée au soleil tamisée 3 060	2 583	-29	10 250	-29	46,2	-47	4,9	-63	2 499	-29	30,5	-66	32,8	-37

(*) Pourcentage de perte par rapport à la racine mondée.

T A B L E A U 6 bis

ROUISSAGE AVEC ECORCE ET PREPARATION DE FARINE SECHEE AU SOLEIL

(vitamines et éléments minéraux)

	Thiamine		Riboflavine		Niacine		Acide ascorbique		Calcium		Phosphore		Ca/P	F e r	
	mg	Perte en % (*)	mg	Perte en % (*)	mg	Perte en % (*)	mg	Perte en % (*)	mg	Perte en % (*)	mg	Perte en % (*)		mg	Perte ou gain en % (*)
Racine entière 9 000 g correspondant à racine émondée 8 433 g	5,15	0	2,92	0	67,9	0	2 917	0	2 103	0	2 822	0	0,74	72,0	0
Racine rouie puis épluchée 6 404 g	2,59	-50	2,81	-4	39,3	-42	487	-83	1 140	-46	1 756	-38	0,65	53,7	-25
Farine séchée au soleil tamisée 3 060 g	2,12	-59	1,76	-40	33,1	-51	traces	-100	985	-53	1 531	-46	0,64	80,8	+12
														(**)	(**)

(*) Pourcentage de perte (-) ou de gain (+) par rapport au contenu de la racine mondée.

(**) Gain en Fer très probablement dû à un apport extérieur réalisé par les poussières (voir p. 17).

T A B L E A U 7

ROUISSAGE SANS ECORCE ET PREPARATION DE FARINE SECHEE AU SOLEIL

	Matière sèche		Calories		Protides		Lipides		Glucides totaux		Indigestible glucidique		Cendres	
	g	Perte en % (*)	g	perte en % (*)	g	Perte en % (*)	g	Perte en % (*)	g	Perte en % (*)	g	Perte en % (*)	g	Perte en % (*)
Racine mondée 9 217 g	4 049	0	16 050	0	95,86	0	14,8	0	3 881	0	100	0	57,33	0
Ecorce interne 1 369 g	415		1 600		47,64		4,0		355		35		8,32	
Racine épluchée 7 853 g	3 471	-14	13 750	-14	65,97	-31	11,8	-20	3 345	-14	66	-35	48,45	-15
Racine épluchée rouie 6 820 g	3 047	-25	12 200	-24	25,23	-74	8,9	-40	2 992	-23	48	-52	20,46	-64
Pâte 6 587 g	2 754	-32	11 050	-31	23,71	-75	6,6	-55	2 710	-30	41	-59	14,03	-76
Farine séchée au soleil puis tamisée 2 888 g	2 519	-38	10 100	-37	21,37	-78	4,9	-67	2 479	-36	35	-65	13,86	-76

(*) Pourcentage de perte par rapport au contenu de la racine mondée.

T A B L E A U 7 bis

ROUISSAGE SANS ECORCE ET PREPARATION DE FARINE SECHEE AU SOLEIL
(vitamines et minéraux)

	Thiamine		Riboflavine		Niacine		Acide ascorbique		Calcium		Phosphore		Ca/P		F e r	
	mg	en % (*)	mg	en % (*)	mg	en % (*)	mg	en % (*)	mg	en % (*)	mg	en % (*)	mg	en % (*)	mg	en % (*)
Racine mondée 9 217 g	5,70	0	3,23	0	75,6	0	3 226	0	2 325	0	3 121	0	0,74	79,6	0	
Ecorce interne 1 369 g	-		0,67		15,1		223		753		-		-	37,5		
Racine épluchée 7 853 g	3,78	-34	1,88	-42	58,1	-23	2 207	-32	421	-39	2 369	-24	0,60	59,7	-25	
Racine épluchée rouie 6 820 g	1,83	-68	1,64	-49	20,5	-73	-	-	906	-61	1 018	-67	0,89	52,6	-34	
Pâte 6 587 g	1,71	-70	1,52	-53	17,1	-77	171	-95	841	-64	891	-71	0,98	50,6	-36	
Farine séchée au soleil puis tamisée 2 888 g	1,08	-81	0,74	-77	11,1	-85	traces	-	690	-70	775	-75	0,89	93,0	+17	(**)

(*) Pourcentage de perte ou de gain par rapport au contenu de la racine mondée.

(**) Gain en Fer probablement dû à l'apport extérieur réalisé par les poussières (voir p. 17).

T A B L E A U 8

PREPARATION DE BATON DE MANIOC ET DE FARINE FUMEE

		Matière sèche		Calories		Protides		Lipides		Glucides totaux		Indigestible glucidique		Cendres	
		g	Perte en % (*)	g	Perte en % (*)	g	Perte en % (*)	g	Perte en % (*)	g	Perte en % (*)	g	Perte en % (*)	g	Perte en % (*)
Racine mondée	6 678 g	12 862	0	1 200	0	58,77	0	6,1	0	2 725		78	0	171,05	0
Ecorce interne	1 382 g	421		1 650		30,96		-		373		36		13,32	
Racine épluchée	5 296 g	2 414	-16	9 500	-15	24,57	-58	5,6	-8	2 334	-14	42	-46	49,78	-30
Racine épluchée rouie	5 355 g	2 347	-18	9 350	-17	17,51	-70	5,6	-8	2 292	-16	37	-53	31,27	-56
Pâte de manioc	4 013 g	1 756	-39	7 000	-38	13,36	-77	4,7	-23	1 717	-37	30	-62	20,38	-71
Bâton de manioc	3 881 g(**)	1 723	-40	6 850	-39	12,23	-79	1,9	-69	1 689	-38	27	-65	20,02	-72
Bâton de manioc stocké 8 jours	3 707 g	1 723	-40	6 800	-39	-	-	1,9	-69	1 669	-39	29	-63	21,98	-69
Farine séchée à la fumée 15 jours	2 021 g(**)	1 520	-47	6 050	-46	11,68	-80	3,0	-51	1 491	-45	27	-65	14,95	-79
Farine séchée à la fumée 1 mois	1 782 g	1 513	-47	5 950	-47	11,62	-80	-	-	1 471	-46	27	-65	15,82	-78

(*) Pourcentage de perte (-) par rapport au contenu de la racine émondée.

(**) 4 013 g de pâte donnent soit 3 881 g de bâton, soit 2 021 g de farine.

PREPARATION DE BATON DE MANIOC ET DE FARINE FUMEE

(vitamines et éléments minéraux)

	Thiamine		Riboflavine		Niacine		Acide ascorbique		Calcium		Phosphore		Ca/P		F e r	
	mg	Perte en % (*)	mg	Perte ou gain (*)	mg	Perte en % (*)	mg	Perte en % (*)	mg	Perte en % (*)	mg	Perte en % (*)	mg	Perte en % (*)	mg	Perte en % (*)
Racine mondée 6 678 g	5,88	- 0	2,14	0	47,6	0	2 283	0	1 536	0	4 436	0	0,35	178,3	0	
Racine interne 1 382 g	2,79		0,55		12,3		340		-		-		-	24,6		
Racine épluchée 5 296 g	2,41	-59	1,16	-46	28,8	-39	1 480	-35	1 096	-29	3 302	-26	0,33	44,9	-75	
Racine épluchée rouie 5 355 g	1,66	-72	2,46	+15	16,5	-65	353	-84	821	-47	2 015	-55	0,41	-	-	
Pâte 4 013 g	1,08	-82	1,89	-12	11,8	-75	140	-94	631	-59	1 411	-68	0,45	-	-	
Bâton frais(**) 3 881 g	0,85	-85	1,78	-17	11,9	-73	147	-94	525	-66	1 233	-72	0,43	-	-	
Bâton de 7 jours 3 707 g	0,80	-86	1,80	-16	10,8	-77	traces	-100	534	-65	1 372	-69	0,39	-	-	
Farine fumée(**) 15 jours 2 021 g	0,70	-88	0,95	-56	7,6	-84	traces	-100	518	-66	940	-79	0,55	13,7	-92	
Farine fumée 1 mois 1 782 g	0,44	-92	0,80	-63	7,8	-84	0	-100	512	-67	-	-	-	12,4	-93	

(*) Pourcentage de perte (-) ou de gain (+) par rapport au contenu de la racine mondée.

(**) 4 013 g de pâte donnent soit 3 881 g de bâton, soit 2 021 g de farine.

T A B L E A U 9

ROUISSAGE SANS ECORCE ET PREPARATION DE BATON DE MANIOC

	! Matière sèche	! Perte en % (*)	! Calories	! Perte en % (*)	! Protides	! Perte en % (*)	! Lipides	! Perte en % (*)	! Glucides totaux	! Perte en % (*)	! Indigestible glucidique	! Perte en % (*)	! Cendres	! Perte en % (*)
Racine entière telle qu'achetée 15 310 g	5 486	0	21 300	0	185,30	0	19,9	0	5 119	0	247	0	162,3	0
Ecorce interne 3 062 g	926		3 500		73,18		6,7		803		87		43,17	
Racine épluchée 11 483 g	4 579	-17	18 100	-15	60,86	-67	14,9	-25	4 416	-14	92	-63	87,50	-46
Pâte après rouissage et défibrage 7 080 g	3 022	-45	12 100	-43	27,61	-85	9,9	-50	2 955	-42	48	-81	29,03	-82
Bâton frais 6 800 g	2 972	-46	11 850	-44	27,20	-85	2,7	-86	2 913	-43	55	-78	28,87	-82
Bâton stocké 7 jours 6 110 g	2 972	-46	11 850	-44	24,44	-87	3,1	-85	2 916	-43	50	-80	28,11	-83

(*) Pourcentage de perte par rapport au contenu de la racine entière telle qu'achetée.

T A B L E A U 9 bis

ROUISSAGE SANS ECORCE ET PREPARATION DE BATON DE MANIOC

(vitamines et éléments minéraux)

	Thiamine		Riboflavine		Niacine		Calcium		Phosphore		Ca/P	F e r	
	mg	Perte en % (*)	mg	Perte en % (*)	mg	Perte en % (*)	mg	Perte en % (*)	mg	Perte en % (*)		mg	Perte en % (*)
Racine entière telle qu'achetée 15 310 g	10,79	0	5,55	0	109,6	0	4 914	0	6 828	0	0,72	1 118	0
Ecorce interne 3 062 g	5,78		1,27		27,8		2 502		873		2,9	428,7	
Racine épluchée 11 483 g	3,66	-66	2,99	-46	79,6	-27	1 987	-60	4 752	-30	0,42	97,1	-91
Pâte après rouissage et défibrage 7 080 g	2,30	-79	3,00	-46	27,6	-75	1 062	-78	1 728	-75	0,61	35,4	-97
Bâton frais 6 800 g	1,34	-88	2,93	-47	29,2	-73	980	-80	1 779	-74	0,55	20,1	-98
Bâton stocké 7 jours 6 110 g	0,89	-92	2,05	-63	25,8	-76	849	-83	1 528	-78	0,55	24,4	-98

(*) Pourcentage de perte par rapport au contenu du manioc entier.

TABLEAU 10
PREPARATION DE GARI

	Matières sèches		Calories		Protides		Lipides		Glucides totaux		Indigestible glucidique		Cendres	
	g	Perte en %	g	Perte en %	g	Perte en %	g	Perte en %	g	Perte en %	g	Perte en %	g	Perte en %
Racine entière 48 025 g	18 477	0	72 450	0	471,2	0	57,5	0	17 533	0	767	0	413,9	0
Pulpe 35 635 g	14 756	-20	58 500	-19	222,1	-53	52,7	-8	14 257	-19	280	-63	224,6	-46
Pulpe fermentée 27 813 g	14 318	-23	56 900	-21	181,4	-61,5	32,9	-43	13 931	-21	268	-65	172,8	-58
Gari 18 175 g	14 038	-24	56 150	-22	175,6	-63	99,7	+73	13 604	-22	264	-66	158,2	-62
							*	*						

* Gain en lipides par rapport d'huile de palme lors du grillage sur tôle (voir p. 25)

T A B L E A U 10 bis

PREPARATION DE GARI
(vitamines et minéraux)

	Thiamine		Riboflavine		Niacine		Acide ascorbique		Calcium		Phosphore		Ca/P	F e r	
	mg	Perte en %	mg	Perte en %	mg	Perte en %	mg	Perte en %	mg	Perte en %	mg	Perte en %		mg	Perte en %
Racine entière 48 025 g	33,4	0	15,6	0	339,6	0	14 745	0	12 102	0	121 840	0	0,55	1 631	0
Pulpe 35 635 g	14,8	-56	8,4	-46	236,1	-30	7 599	-48	6 217	-49	12 214	-44	0,51	-	-
Pulpe fermentée 27 813 g	10,3	-69	7,7	-51	151,9	-55	1 854	-87	4 814	-60	8 672	-60	0,61	324	-80
Gari 18 175 g	8,5	-75	6,4	-59	151,8	-55	884	-94	4 668	-61	8 602	-61	0,54	746	-54
														*	

* Gain en fer cédé par la tôle chauffante au moment du grillage (voir p. 25)

- racine épluchée	75 à 80 %	moyenne = 77,2 %
- écorce interne	14 à 19 %	moyenne = 16,2 %
- déchets totaux	20 à 25 %	moyenne = 22,8 %

Le tableau 11 indique la composition moyenne de 100 g de racine entière, les quantités de chaque nutriment retrouvées dans la racine épluchée, et pour chacun d'eux, le pourcentage de perte lorsque l'écorce interne est rejetée. L'épluchage permet d'éliminer plus de la moitié de l'indigestible glucidique tout en conservant plus de 80 % des calories. Mais les pertes de protides, calcium, thiamine et riboflavine sont importantes, avoisinant 50 %. L'élimination de 86 % du fer s'explique aisément lorsqu'on sait que l'écorce externe est fréquemment souillée de terre ferrugineuse.

Quelle part de ce qui est perdu dans les déchets peut-on récupérer par la pratique de consommer l'écorce interne ?

Le mode de préparation de ce mets est le suivants : l'écorce est mise à cuire dans l'eau bouillante pendant environ une heure ; l'eau de cuisson est ensuite rejetée et l'écorce immergée pendant un à trois jours dans une eau courante. Elle est alors prête à être consommée. On obtient en moyenne 102 g de produit fini à partir de 100 g d'écorce crue. Le tableau 12 présente le bilan nutritionnel de ce traitement. L'indigestible glucidique, insoluble, n'est évidemment pas diminué. La quantité de calcium est augmentée de 29 %, probablement par fixation du calcaire de l'eau. La fuite de tous les autres nutriments est considérable, sauf celle des glucides dont 20 % seulement sont perdus : les vitamines sont quasi-entièrement éliminées, 85 % des protides disparaissent, ainsi que 70 % environ du phosphore et des cendres et 57 % du fer.

L'écorce crue, qui se présentait comme un aliment mieux équilibré que la partie centrale, devient aussi pauvre après cuisson et rouissage, avec l'inconvénient supplémentaire d'une teneur élevée en indigestible glucidique (tableau 24). Les deux dernières colonnes du tableau 11 indiquent, en quantités absolues et en pourcentages, ce que la consommation d'écorce cuite rouie permet de récupérer à partir de 100 grammes de racine entière. Pour retrouver 50 % des calories,

T A B L E A U 11

BILAN NUTRITIONNEL DE L'EPLUCHAGE DU MANIOC

(moyenne de quatre expérimentations)

	! RACINE !	RACINE EPLUCHEE		! ECORCE CUITE, ROUIE !
	! ENTIERE !			
	!	!	! Pourcentage de !	! Pourcentage !
	!	!	! perte (par rap- !	! de récupéra- !
	!	!	! port à la racine !	! tion (par !
	!	!	! entière) !	! rapport à la !
	!	!	!	! racine entière) !
ids frais (g)	! 100 !	! 77,2 !	! 23 !	! 16,5 ! 16 !
ids sec (g)	! 40,0 !	! 32,2 !	! 20 !	! 3,5 ! 0 !
lonies	! 157 !	! 127 !	! 19 !	! 13,7 ! 9 !
	!	!	!	!
otides (g)	! 1,02 !	! 0,48 !	! 53 !	! 0,07 ! 7 !
ides (g)	! 0,12 !	! 0,09 !	! 25 !	! 0,02 ! 17 !
acides totaux (g)	! 37,9 !	! 31,0 !	! 18 !	! 3,3 ! 9 !
soluble formique (g)	! 1,34 !	! 0,61 !	! 54 !	! 0,38 ! 28 !
	!	!	!	!
idres (g)	! 0,90 !	! 0,57 !	! 37 !	! 0,06 ! 7 !
cium (mg)	! 26,2 !	! 13,5 !	! 48 !	! 14 ! 53 !
sphore (mg)	! 47,3 !	! 39,4 !	! 17 !	! 1,6 ! 3 !
P	! 0,55 !	! 0,34 !	! - !	! 16,1 ! - !
(mg)	! 3,5 !	! 0,5 !	! 86 !	! 0,5 ! 14 !
	!	!	!	!
amine (μg)	! 72 !	! 31 !	! 57 !	! 2 ! 3 !
oflavine (μg)	! 34 !	! 18 !	! 47 !	! 0,7 ! 2 !
cine (μg)	! 735 !	! 519 !	! 29 !	! 0,6 ! 0 !
de ascorbique (mg)	! 33 !	! 20 !	! 38 !	! traces ! 0 !
	!	!	!	!
	!	!	!	!

T A B L E A U 12

BILAN NUTRITIONNEL DE LA PREPARATION DE L'ECORCE INTERNE

	! ECORCE CRUE !	! ECORCE CUITE ROUIE !	! Pourcentage de Perte (-) ou de gain (+) !
Poids frais	! 100 !	! 102,1 !	! + 2 !
Poids sec	! 29,8 !	! 21,8 !	! - 27 !
Calories	! 114 !	! 87 !	! - 24 !
Protides (g)	! 254 !	! 0,37 !	! - 85 !
Lipides (g)	! 0,25 !	! 0,07 !	! - 72 !
Glucides totaux (g)	! 26,1 !	! 21,1 !	! - 19 !
Insoluble formique (g)	! 2,4 !	! 2,4 !	! 0 !
Gendres (g)	! 0,92 !	! 0,30 !	! - 67 !
Calcium (mg)	! 67 !	! 94 !	! + 29 * !
Phosphore (mg)	! 23 !	! 6 !	! - 74 !
Ca/P	! 2,91 !	! 16 !	!
Fer (mg)	! 5,8 !	! 2,5 !	! - 57 !
Thiamine (μ g)	! 221 !	! 2 !	! - 99 !
Riboflavine (μ g)	! 43 !	! 5 !	! - 88 !
Niacine (μ g)	! 996 !	! 4 !	! - 100 !
Acide ascorbique (mg)	! 20 !	! traces !	! - 100 !

* Gain de calcium probablement dû à un apport extérieur par fixation du calcaire de l'eau de lavage (voir p. 10).

13 % des protides et la totalité du calcium qui allaient être éliminés, les consommateurs d'écorce s'encombrent de plus de la moitié des éléments celluloses des déchets d'épluchage.

Connaissant le rôle d'"agent de désassimilation" de l'indigestible glucidique pour les autres constituants de la ration, il est fort improbable que la consommation d'écorce soit une opération rentable sur le plan nutritionnel ; elle se solde au contraire par un gaspillage plus important que lorsque la totalité des déchets d'épluchage est rejetée.

II) Rouissage

Pour éliminer le manihotoxoside et ramollir les racines afin d'en faciliter ultérieurement le défibrage et le broyage, la ménagère africaine les fait séjourner dans l'eau pendant trois à six jours. Il se produit alors une fermentation avec trouble abondant de l'eau, léger dégagement gazeux et développement d'une forte odeur butyrique. Simultanément, l'acidité des racines, rapportés à la substance sèche, est multipliée par trois environ (figure 4).

ADRIAENS et HESTERMANS - MEDARD (18) ont montré que cette opération avait l'avantage de réduire considérablement la teneur en acide cyanhydrique. De plus, selon EKPECHI (19), le manioc non fermenté pourrait être goitrigène car les zones de Nigéria à forte endémie goitreuse ne sont pas celles où les eaux sont les **plus pauvres** en iode, mais celles où le manioc n'est pas fermenté avant consommation. L'expérimentation d'EKPECHI sur le rat tend à montrer par ailleurs qu'un régime à base de manioc non fermenté conduit à des perturbations du métabolisme de l'iode voisines de celles qui se produisent au cours du goître. Il resterait cependant à démontrer que le manioc fermenté ne provoque pas les mêmes perturbations. Si l'hypothèse d'EKPECHI s'avérait exacte, l'intérêt du rouissage serait considérablement renforcé.

Cependant le séjour prolongé des racines dans l'eau n'a pas que des effets bénéfiques. Avec la disparition des glucosides cyanogénétiques, il se produit une fuite des éléments nutritifs par dissolution, d'importance variable selon que les racines sont mises à rouir entières ou épluchées.

Généralement, dans les zones rurales, les racines entières sont mises à tremper dans une eau stagnante (figure 5). Trois à six jours après, l'écorce est devenue très aisément détachable. Dans les villes, les racines sont tout d'abord pelées, puis immergées dans une cuvette d'eau et abandonnées durant le même laps de temps. Quand elles sont devenues suffisamment molles et friables, elles sont alors ouvertes longitudinalement, débarrassées de la fibre centrale et essorées par pression entre les mains. Dans certains cas, des fragments plus ou moins volumineux peuvent être restés durs, comme inattaqués par le rouissage. Ils sont rejetés.

Le manioc roui est ensuite broyé à la meule dormante pour obtenir une pâte plus ou moins onctueuse.

Afin de connaître l'influence des modalités de rouissage sur la valeur nutritionnelle du manioc, nous avons procédé à cinq expérimentations :

- dans trois d'entre elles, les racines ont été pelées avant d'être mises à rouir ;

- dans les deux autres, c'est avec l'écorce qu'elles ont séjourné dans l'eau.

Le tableau 13 résumant les résultats de ces expérimentations permet de comparer les pourcentages de perte ou de gain en éléments nutritifs de la partie comestible, selon les modalités du rouissage.

Comme il était prévisible, il apparait nettement qu'il est bien préférable de ne pas peler les racines avant de les faire rouir. On perd ainsi neuf fois moins de protides, près de trois fois moins de fer, 1,5 à deux fois moins de calcium, thiamine et niacine. L'économie réalisée sur le phosphore et l'ensemble des sels minéraux est plus faible mais encore sensible alors que l'élimination d'indigestible



Figure 5
Racines en cours de
rouissage dans une mare.
On aperçoit nettement
les bulles formées par dé-
gagement gazeux.



Figure 6
Broyage à la meule
dormante.
La pâte est recueillie
sur une feuille de
bananier.

T A B L E A U 13

BILAN NUTRITIONNEL DU ROUISSAGE

	! Pourcentage de perte (-) ou de gain (+) ! (par rapport à la racine épluchée non rouie)	
	! Rouissage sans écorce ! (3 expérimentations)	! Rouissage avec écorce ! (2 expérimentations)
Matière sèche	! - 6	! - 6
Calories	! - 5	! - 6
Protides	! - 44	! - 5
Lipides	! - 8	! - 18
Glucides totaux	! - 5	! - 6
Indigestible glucidique	! - 22	! - 24
Cendres	! - 48	! - 45
Calcium	! - 28	! - 19
Phosphore	! - 46	! - 40
Fer	! - 43	! - 16
Thiamine	! - 40	! - 23
Riboflavine	! + 38	! + 85
Niacine	! - 53	! - 36
Acide ascorbique	! - 77	! - 74
	!	!
	!	!

glucidique est du même ordre de grandeur que lorsque l'épluchage est effectué avant rouissage.

La riboflavine mérite une attention toute particulière car le rouissage provoque non plus une perte mais un gain important. L'augmentation de la teneur en vitamine B₂ de la partie comestible a atteint les valeurs suivantes au cours des cinq expérimentations effectuées :

- 124 %, 52 % et 1 % dans le cas du rouissage sans écorce
- 113 % et 80 % dans le cas du rouissage avec écorce.

Ces valeurs révèlent une importante synthèse due très certainement à la fermentation qui se produit durant le séjour prolongé des racines dans l'eau. Il est d'ailleurs à noter que l'expérimentation qui a donné la plus faible production de riboflavine avait été entièrement conduite en laboratoire, avec des récipients et une eau parfaitement propres, sur des racines épluchées et soigneusement lavées. Les microorganismes responsables de la synthèse ont été probablement en moins grand nombre dans cette expérimentation, alors qu'ils ont réalisé des synthèses importantes au cours de toutes les autres, y compris celle où les racines entières et non lavées ont été mises à rouir, en laboratoire, dans des récipients et une eau propres.

Un bilan nutritionnel complet du rouissage doit tenir compte, également, des pertes de matières dues à l'élimination de fibres et de fragments non rouis, à l'adhérence sur les parois des ustensiles de cuisine et à l'entraînement mécanique lors du rejet des eaux de rouissage.

En se basant sur un tel bilan, et non plus seulement sur les modifications du taux de riboflavine, on constate que les gains de vitamine B₂ restent élevés quelles que soient les modalités du rouissage : + 38 % et + 85 % (tableau 13). En outre, comme pour les autres principes nutritifs, la présence de l'écorce est nettement plus profitable, d'une part parce qu'elle s'oppose à la fuite et à la destruction de la vitamine, d'autre part parce qu'il est probable qu'elle apporte les microorganismes nécessaires à la synthèse.

III) Broyage

Dans la moitié sud du Cameroun, la ménagère utilise une meule dormante pour réduire le manioc en pâte (figure 6). Il s'agit d'une lourde pierre plate, de forme variée et de dimensions au moins égales à 25 x 40 cm, accompagnée d'une molette, pierre cylindrique d'environ deux à trois kilogrammes. Un panier de manioc roui à portée de la main, la ménagère s'agenouille ou s'assoit devant la meule, y dépose une poignée de manioc, et les bras tendus, pesant du poids de son corps penché en avant, elle imprime à la molette un mouvement de va-et-vient entraînant et broyant à chaque passage une partie du produit déposé sur la pierre. La pâte, plus ou moins fine et onctueuse selon le nombre de va-et-vient qu'elle subit, s'écoule à l'autre extrémité de la meule sur un lit de feuilles de bananier ou dans une cuvette.

Au cours de cette opération, les fibres et les fragments de racine restés durs malgré le rouissage, ou devenus noirs, sont encore éliminés. La quantité de ces déchets, et par conséquent le rendement du broyage, dépendent de l'importance des parties ligneuses et de l'âge des racines.

Les moyennes des pertes ou des gains observés au cours des deux opérations de broyage que nous avons observées sont les suivantes (par rapport à la racine rouie) :

Poids sec	- 17	Calcium	- 15
Calories	- 18	Phosphore	- 21
Protides	- 15	Fer	+ 2
Lipides	- 21	Thiamine	- 21
Glucides totaux	- 17	Riboflavine	- 15
par différence		Niacine	- 22
Indigestible glucidique	- 20	Vitamine C	- 60 à - 100
Cendres	- 33		

Malgré une perte considérable de matières minérales, on note une augmentation de fer, très probablement due à l'usure de la meule. Nous ne nous expliquons pas, par contre, l'importance de la perte en matières minérales (33 %), observée à chacune des deux opérations de broyage. A l'exception de la vitamine C, déjà fortement affectée par le rouissage et dont il ne reste plus que des traces dans la pâte, les autres nutriments subissent des pertes de 15 à 22 %, comparables à celles de la matière sèche.

La pâte de manioc est utilisée dans trois préparations distinctes :

- farine séchée-fumée
- farine séchée au soleil
- bâton.

IV) Séchage - fumage

En zone tropicale humide, pour déshydrater la pâte de manioc, les ménagères mettent à profit la chaleur du feu de bois sur lequel la majorité d'entre elles font encore la cuisine.

Des boules de pâte, d'environ un à deux kilogrammes, sont enveloppées dans de larges feuilles végétales, ficelées à l'aide de joncs et déposées sur la claie montée en permanence au-dessus du foyer dans toute cuisine de la région forestière. La déshydratation est généralement suffisante au bout d'une quinzaine de jours, mais fréquemment les boules sont stockées sur la claie pendant plusieurs semaines, parfois des mois, jusqu'au moment de leur utilisation.

Les boules de vouvou ou fougou, - c'est ainsi qu'on les appelle dans la plupart des ethnies du Cameroun et d'Afrique Tropicale - pèsent alors 300 grammes à 1 kilogramme. On les trouve sur les marchés soit encore emballées dans leurs feuilles, soit dénudées (figures 7 et 8).



Figure 7
Vente de boules de
manioc (farine fumée-
séchée) au marché.

Le prix des 3 varie
de 20 F.CFA en zone rurale
à 50 F.CFA en ville.



Figure 8
Boules de manioc
(farine fumée-séchée),
l'une dénudée, l'autre
dans son enveloppe de
feuille.

Elles ont une forte odeur de fumée et doivent être superficiellement raclées pour éliminer la croûte noirâtre qui les recouvre. Elles sont ensuite écrasées au pilon ou à la meule dormante ; la farine obtenue est finalement tamisée.

D'après les quatre observations que nous avons effectuées, on obtient, après rejet de la partie noirâtre et tamisage, 85 à 90 % de farine à partir des boules brutes.

Les pertes moyennes provoquées par le séchage-fumage suivi d'élimination de la partie noircie et de tamisage sont les suivantes (tableau 14) :

- 13 % pour la matière sèche, les glucides totaux, les calories ;
- 7 à 9 % pour l'indigestible glucidique ;
- 20 à 30 % pour les sels minéraux, les protides, les lipides ;
- plus de 30 % pour les vitamines.

Elles sont d'autant plus élevées pour les substances hydro-solubles ou thermolabiles que l'exposition à la chaleur du feu de bois a été prolongée. C'est ainsi que quinze jours de séchage supplémentaire font passer les pertes de 18 à 26 % pour le phosphore, 24 à 32 % pour le fer, 49 à 59 % pour la thiamine, 41 à 45 % pour la riboflavine, et 28 à 33 % pour la niacine. Le peu d'acide ascorbique qui restait encore dans la pâte disparaît complètement de la farine. A l'action destructrice de la chaleur sur les vitamines, il s'ajoute une migration de l'ensemble des substances hydro-solubles vers la périphérie de la boule de vouvou, accompagnant le départ de l'eau. On s'explique donc aisément que l'élimination de ces substances avec la croûte noirâtre périphérique est d'autant plus importante que la dessiccation a été plus poussée.

T A B L E A U 14

COMPARAISON DES DIVERS MODES DE SECHAGE DE LA FARINE DE MANIOC

(pourcentage de perte de la pâte à la farine tamisée)

<u>Mode de séchage</u>	<u>SECHAGE</u>		<u>FUMAGE</u>		<u>SECHAGE MIXTE</u>	
	15 jours		30 jours		Soleil-Local	Aéré
Nombre d'observations	(3)		(3)		(2)	
Matière sèche	- 13		- 13		- 10	
Calories	- 13		- 13		- 10	
Protides	- 22		- 23		- 11	
Lipides	- 25		- 27		- 37	
Glucides totaux	- 13		- 13		- 9	
Indigestible glucidique	- 7		- 9		- 23	
Cendres	- 23		- 20		- 3	
Calcium	- 22		- 23		- 11	
Phosphore	- 18		- 26		- 12	
Fer	- 24		- 32		+ 53 *	
Thiamine	- 49		- 59		- 29	
Riboflavine	- 41		- 45		- 46	
Niacine	- 28		- 33		- 15	
Acide ascorbique	- 97		-100		-100	

* Gain en fer probablement dû à l'apport extérieur réalisé par les poussières (voir p. 17).

V) Séchage au soleil

Le séchage du manioc au soleil est exceptionnel en zone forestière. C'est surtout à la périphérie de cette zone et en région de savanes qu'il est utilisé. Le procédé est extrêmement rudimentaire : la pâte, étalée à même le sol, souvent au bord des routes ou sur les ponts, est exposée au soleil jusqu'à ce qu'elle soit sèche. Fréquemment, si le manioc roui est suffisamment tendre et friable, la ménagère l'expose immédiatement au soleil, faisant ainsi l'économie de l'opération de broyage. Après dessiccation, les agglomérats ou cossettes sont écrasés soit au mortier de bois, soit à la meule dormante puis tamisés. Une petite entreprise industrielle s'est créée à Bambarang, dans l'est du Cameroun, en zone de savane, pour acheter aux paysannes les cossettes de manioc roui séché, les broyer au moulin à disques cannelés puis tamiser et conditionner la farine obtenue. Six cents tonnes de farine sont ainsi traitées chaque année et acheminée vers les principales villes du pays.

Des observations de séchage à l'air suivi de tamisage que nous avons effectuées à Yaoundé, il ressort essentiellement que, comme on pouvait le prévoir, la riboflavine est la plus affectée avec 46 % de perte en moyenne (tableau 14). Les pertes en thiamine et niacine sont respectivement de 29 % et 15 % alors que les traces d'acide ascorbique qui restaient dans la pâte disparaissent complètement.

L'exposition de la farine à la poussière fait tomber les pertes de matières minérales totales à 3 % seulement et apporte un supplément de fer de 53 %. Le calcium et le phosphore ne sont pas au nombre des éléments minéraux amenés par les poussières puisqu'il en manque 11 à 12 % à l'issue du séchage et du tamisage.

Cette dernière opération permet d'enlever encore 23 % de l'indigestible glucidique de la pâte alors qu'on ne perd que 10 % des calories et 11 % des protides. La disparition de plus du tiers des lipides, difficilement explicable, ne retiendra pas notre attention en raison des quantités minimes de ces constituants dans le manioc et de l'importance de l'erreur relative qui affecte leur dosage.

En fait, ces expérimentations réalisées à Yaoundé, c'est-à-dire en zone humide, ne sont pas la reproduction fidèle de ce qui se passe réellement lors du séchage au soleil dans les régions plus sèches, où cette technique est habituelle. A Yaoundé, la durée totale d'exposition au soleil a été relativement brève et le séchage s'est effectué principalement à l'ombre, en local aéré.

Pour avoir une idée plus précise de l'effet du séchage au soleil tel que pratiqué en zone sèche, nous en avons établi le bilan nutritionnel par le calcul en nous basant sur le "taux d'extraction" moyen observé par WINTER (4) dans l'Adamaoua (100 g de farine à partir de 300 g de racines) et sur la composition moyenne du manioc entier et de farines prélevées en zone de savane (tableaux 15 et 16).

Comparaison des farines de manioc et
de leurs modes de préparation (tableaux 15, 16, 17)

Le tableau 15 donne la composition de farines de manioc obtenues selon diverses techniques.

Si l'on se base sur les teneurs en protides, sels minéraux et vitamines, il apparaît clairement que les farines les plus pauvres sont celles qui ont été obtenues à partir de manioc roui sans écorce. Leur teneur en vitamines est faible, même lorsqu'elles ont été déshydratées à l'ombre et à température ambiante, c'est-à-dire dans les conditions les meilleures pour la protection de ces nutriments labiles. Seules les farines exclusivement séchées au soleil après rouissage avec écorce sont plus pauvres en riboflavine. Ces résultats étaient prévisibles dès lors que nous connaissions l'action protectrice de

T A B L E A U 15
COMPOSITION DES FARINES DE MANIOC
 (pour 100 g de matière sèche)

	<u>SECHAGE - FUMAGE</u>			<u>SECHAGE AU</u>	<u>SECHAGE-MIXTE LOCAL</u>	
				<u>SOLEIL</u>	<u>AERE - SOLEIL</u>	
	Rouissage sans écorce	Rouissage sans écorce	Rouissage avec écorce	Rouissage avec écorce	Rouissage avec écorce	Rouissage sans écorce
	Séchage de 15 jours	Séchage de 30 jours				
Nombre d'échantillons analysés	(3)	(3)	(1)	(2)	(1)	(2)
Calories	400	400	400	396	396	400
Protides (g)	0,76	0,75	1,41	0,91	1,79	0,87
Lipides (g)	0,2	0,3	0,2	0,4	0,2	0,2
Glucides totaux (g)	98,3	98,2	97,2	96,9	96,7	98,2
Indigestible glucidique (g)	1,73	1,69	1,86	2,00	1,18	1,54
Cendres (g)	0,74	0,77	1,14	1,74	1,27	0,75
Calcium (mg)	29,9	30,9	35,1	51,9	38,1	33,0
Phosphore (mg)	48,7	44,3	49,5	72,6	59,3	43,4
Ca/P	0,61	0,70	0,71	0,71	0,64	0,76
Fer (mg)	1,2	1,1	3,9	41,2	3,1	2,6
Thiamine (μ g)	37	29	60	69	82	45
Riboflavine (μ g)	58	51	103	29	68	38
Niacine (μ g)	568	527	793	1 273	1 280	713
Acide ascorbique (mg)	0	0	0	0	0	0

T A B L E A U 16

APPORT NUTRITIONNEL DE LA FARINE DE MANIOC
PREPAREE A PARTIR DE 100 g DE RACINE ENTIERE

	<u>SECHAGE - FUMAGE</u>			<u>SECHAGE AU</u>	<u>SECHAGE - MIXTE</u>	
	Rouissage sans écorce		Rouissage	<u>SOLEIL</u>	Soleil - Ombre	
	Stockage	Stockage	avec écorce	Rouissage	Rouissage	Rouissage
	15 jours	30 jours		avec écorce	avec écorce	sans écorce
Nombre d'observations	(3)	(3)	(1)	(2)	(1)	(2)
Poids humide (g)	26,8	25,0	27,9	33,3	34,0	29,2
Matière sèche (g)	21,1	21,0	21,0	29,0	28,7	25,3
Calories	84	84	83	115	115	101
Protides (g)	0,16	0,16	0,30	0,26	0,51	0,22
Lipides (g)	0,05	0,06	0,04	0,12	0,06	0,06
Glucides totaux (g)	20,7	20,6	20,4	28,1	27,8	24,8
Indigestible glucidique (g)	0,37	0,36	0,39	0,58	0,34	0,39
Cendres (g)	0,16	0,16	0,24	0,50	0,36	0,19
Calcium (mg)	6,3	6,5	7,4	15,0	10,9	8,4
Phosphore (mg)	10,3	9,3	10,4	21,0	17,0	11,0
Fer (mg)	0,25	0,22	0,81	11,9	0,89	0,67
Thiamine (μ g)	8	6	13	20	23	11
Riboflavine (μ g)	12	11	22	8	20	10
Niacine (μ g)	120	110	166	369	367	180
Acide ascorbique (mg)	0	0	0	0	0	0

COMPARAISON DES DIVERS PROCÉDES DE PRÉPARATION DE FARINE DE MANIOC

Pourcentage de récupération (par rapport à la racine entière)

Mode de préparation	SECHAGE - FUMAGE						SECHAGE AU	SECHAGE-MIXTE	
	Racine entière	Stockage 15 jours	Stockage 30 jours	Rouissage avec écorce	Rouissage avec écorce	Rouissage avec écorce	Soleil	Soleil-Ombre	Rouissage sans écorce
Nombre d'échantillons	(3)	(3)	(3)	(1)	(1)	(2)	(1)	(2)	
Poids humide	100	27	25	28	33	34	29		
Matière sèche	100	53	52	52	72	72	63		
Calories	100	54	54	53	73	73	64		
Protides	100	16	16	29	25	50	22		
Lipides	100	42	50	33	100	50	50		
Glucides totaux	100	55	54	54	74	73	65		
Indigestible glucidique	100	28	27	29	43	25	29		
Cendres	100	18	18	27	56	40	21		
Calcium	100	24	25	28	57	42	32		
Phosphore	100	22	20	22	44	36	23		
Fer	100	7	6	23	340 *	25	19		
Thiamine	100	11	8	18	28	32	15		
Riboflavine	100	35	32	65	24	59	29		
Niacine	100	16	15	23	50	50	24		
Acide ascorbique	100	0	0	0	0	0	0		

* Apport de fer par les poussières, très certainement soumis à des variations considérables selon la nature du sol, le lieu d'origine, etc.

l'écorce sur l'ensemble des principes nutritifs durant le rouissage. Cet avantage acquis demeure ensuite à travers tous les traitements technologiques ultérieurs.

Lorsque leurs modalités de rouissage ont été identiques, les farines fumées sont généralement moins riches que les farines séchées au soleil ou en local aéré, sauf en ce qui concerne la riboflavine qui, photosensible, est le nutriment le plus atteint par l'exposition aux rayons solaires. Il est donc logique que ce soit les farines fumées qui contiennent le plus de vitamine B₂.

Nous avons déjà dit que cette pauvreté de la farine fumée en principes nutritifs solubles s'explique aisément par la migration de ces substances vers les parties périphériques de la boule de vovou qui sont ensuite éliminées. De plus, la préparation de farine fumée entraîne des pertes de matières sèches avoisinant 50 % du poids sec de la racine entière, supérieures à celles qui se produisent lors de la préparation de farines séchées au soleil ou à l'ombre qui atteignent seulement 28 à 37 %.

Si le procédé classique d'exposition au soleil et l'apport de terre et de poussière qui en découle aboutissent à un apport en fer extérieur beaucoup plus important, la dessiccation en local aéré permet par contre de récupérer légèrement plus de thiamine et deux fois plus de riboflavine et de protides.

Protides et riboflavine étant justement les principes nutritifs qui, d'après les enquêtes de consommation, sont les plus déficients dans les régimes alimentaires d'Afrique tropicale, le procédé de séchage de la farine de manioc à température ordinaire et à l'ombre nous paraît bien préférable à la technique de dessiccation au soleil. Une étude comparative plus poussée et basée sur un plus grand nombre d'observations mériterait cependant d'être effectuée avant de préconiser des changements dans les procédés de préparation traditionnelle

de la farine de manioc. Il faudrait s'assurer, par ailleurs, que cette méthode de dessiccation plus lente ne s'accompagne pas de développement de moisissures ou autres agents contaminants susceptibles de produire des toxines.

Utilisation de la farine de manioc

La farine de manioc n'est consommée que sous deux formes : pâte ou bouillie (respectivement vuvou et kourou-kourou dans la plupart des langues). Pour les préparer, on jette simplement la farine dans l'eau bouillante et on agite pendant quelques minutes jusqu'à consistance voulue. Selon les proportions relatives d'eau et de farine, on obtient la pâte ou la bouillie.

La pâte est généralement consommée aux principaux repas, accompagnée de feuilles vertes cuites ou de sauce à la viande, poisson, arachides ou haricots. La bouillie se consomme sucrée au petit déjeuner.

La précision des dosages microbiologiques ~~ne nous~~ a pas permis de déceler des modifications significatives dans la composition vitaminique de la farine au cours de sa brève cuisson. Les valeurs relevées sont les suivantes :

Composition (en μ g pour 100 g de matière sèche)

	Thiamine	Riboflavine	Niacine
Farine avant cuisson	60	103	793
Pâte après cuisson	58	98	863
Pourcentage de différence	- 3	- 5	+ 9

VI) Bâton de manioc

Aussitôt après son broyage, la pâte de manioc roui est modelée, selon les régions, en pâtons de 2 à 4 cm de diamètre et de 30 à 60 cm de long, enveloppés dans des feuilles de lianes et ficelés à l'aide de joncs (figures 9 et 10). Ils sont alors disposés dans une marmite tapissée intérieurement de feuilles de bananier et cuits soit à l'eau, soit à l'étuvée, pendant une à deux heures.

Ils sont consommés chauds ou froids. Leur principal avantage est de pouvoir être conservés de quatre à sept jours et d'être facilement commercialisables et transportables. Ils constituent, par conséquent, l'aliment de choix des voyageurs et la recette qu'adoptera volontiers la ménagère qui veut gagner quelque argent en vendant sur le marché le fruit de son travail.

Les bâtons possèdent une forte odeur, appréciée des habitués. Au moment d'être consommés, ils sont dépouillés de leur enveloppe de feuilles et se présentent alors sous forme de masse translucide élastique, devenant de plus en plus ferme au cours de la conservation. Cette préparation est en tous points identiques à celle décrite au Congo-Brazzaville et au Congo-Kinshasa par de nombreux auteurs et dénommée "chikouangue" ou pain de manioc. Seule la présentation est différente puisqu'il s'agit alors de boules et non de bâtons.

La comparaison des compositions du bâton de manioc et de la pâte qui lui a donné naissance montre que la cuisson provoque la perte du quart de la thiamine et de 37 % de l'acide ascorbique (tableau 18).

L'augmentation de 7 % du taux de niacine, quoique faible, confirme les observations faites dans plusieurs autres cas de cuisson de dérivés de manioc : on dose, régulièrement, plus de niacine dans l'aliment cuit. Cette constatation est surprenante au premier abord, mais de nombreuses déterminations conduites de telle sorte que l'extraction et le dosage de la vitamine soient réalisés dans des conditions rigoureusement identiques pour les produits crus et cuits ont toujours donné

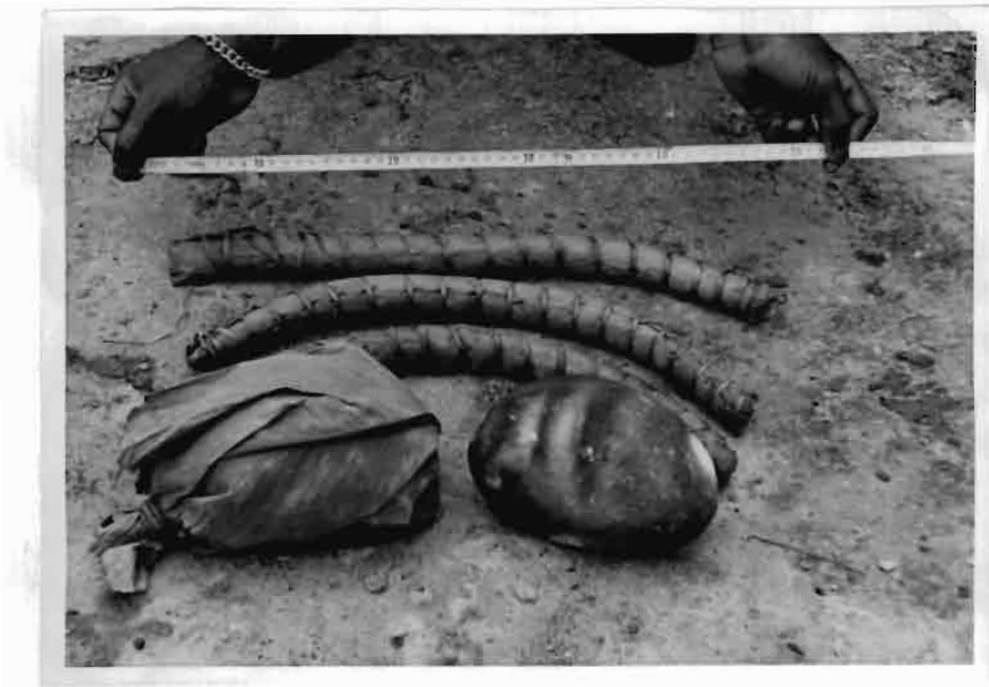


Figure 9
Boules et bâtons
de manioc.

Figure 10
Confection d'un bâton
de manioc.



T A B L E A U 18

INFLUENCE DE LA CUISSON ET DU STOCKAGE SUR LA COMPOSITION DU BATON DE MANIOC

(pour 100 grammes de matière sèche)

	Pâte	Bâton frais		Bâton de 7 jours
Nombre d'échantillons	(3)	(3)		(3)
			Pourcentage de différence avec la pâte	Pourcentage de différence avec la pâte
Matière sèche (g)	100	100	0	0
Calories	399	399	0	0
Protides (g)	0,84	0,85	+ 1	0
Lipides (g)	0,3	0,1	- 67	- 67
Glucides totaux (g)	97,9	98,1	0	0
Indigestible glucidique (g)	1,68	1,72	+ 2	+ 1
Cendres (g)	0,95	0,98	+ 3	+ 8
Calcium (mg)	35,9	33,8	- 6	- 16
Phosphore (mg)	58,1	61,6	+ 6	+ 1
Ca/P	0,62	0,55	-	-
Fer (mg)	12,9	14,6	+ 13	+ 28
Thiamine (μ g)	62	46	- 26	- 34
Riboflavine (μ g)	95	95	0	- 14
Niacine (μ g)	705	756	+ 7	+ 2
Acide ascorbique (mg)	9,0	5,7	- 37	- 94

le même résultat. Il paraît donc logique d'admettre qu'il y a plus de niacine dosable dans les dérivés du manioc après cuisson. L'extraction en milieu acide telle que nous l'effectuons concerne en principe la niacine totale. Il ne semble donc pas qu'il puisse s'agir de niacine bloquée dans les produits crus, qui serait libérée par cuisson. Peut-être le manioc cru contient-il un précurseur qui se transformerait en niacine sous l'effet de la chaleur à la façon dont s'enrichit le café au cours de la torréfaction (19 bis).

De même qu'à propos du séchage de la farine, les variations considérables de teneur en matières grasses entre la pâte et le bâton ne retiendront pas notre attention en raison de la faible quantité de ces constituants dans le manioc et de l'erreur relative importante qui affecte leur dosage.

Les teneurs en fer et phosphore s'accroissent de 13 % et 6 % respectivement au cours de la cuisson, celle du calcium diminue.

La conservation du bâton durant sept jours provoque de nouvelles modifications. Toutes les vitamines sont affectées : l'acide ascorbique disparaît complètement, les teneurs en thiamine et riboflavine sont diminuées de 34 et 14 % respectivement par rapport à la pâte. L'enrichissement en niacine consécutif à la cuisson est pratiquement annulé.

La perte de calcium et le gain de fer s'accroissent.

Le tableau 19 présente le bilan nutritionnel de la préparation du bâton à partir de 100 grammes de manioc entier.

VII) Le Gari

Le gari est une préparation très particulière, pratiquée seulement dans certains pays et par certaines ethnies de l'Afrique de l'Ouest. Sa consommation est signalée notamment au Togo par PERISSE et coll. (20), au Dahomey et en Côte-d'Ivoire par VIGNOLI et CRISTAU (21) et en Nigéria où il serait la principale denrée alimentaire, par OKE (22).

T A B L E A U 19

BILAN NUTRITIONNEL DE LA PREPARATION DE BATON

(à partir de 100 grammes de racine entière)

	MANIOC ENTIER		BATON FRAIS (partie comestible)		BATON DE SEPT JOURS (partie comestible)	
		Pourcentage de récupération		Pourcentage de récupération		Pourcentage de récupération
Poids (g)	100	100	49,2	49	46,7	47
Matière sèche	40,0	100	21,6	54	21,6	54
Calories	157	100	86	55	86	55
Protides (g)	1,02	100	0,18	18	0,18	18
Lipides (g)	0,12	100	0,02	18	0,02	18
Glucides totaux (g)	37,9	100	21,2	56	21,2	56
Indigestible glucidique (g)	1,34	100	0,37	28	0,37	28
Cendres (g)	0,90	100	0,21	23	0,22	24
Calcium (mg)	26,2	100	7	27	7	27
Phosphore (mg)	47,3	100	13	27	13	27
Fer (mg)	-	-	3,1	10	3,6	7
Ca/P	0,48	-	0,55	-	0,51	-
B ₁ (µg)	72	100	10	14	9	13
B ₂ (µg)	34	100	21	62	18	53
PP (µg)	735	100	164	22	155	21
C (mg)	33	100	1	3	traces	0

Au Cameroun, où certains le dénomment improprement tapioca (*), les Bamiléké de l'Ouest en sont les principaux producteurs et consommateurs. Mais de nombreux commerçants de cette ethnie, installés dans les autres régions du pays, contribuent à en vulgariser la consommation.

Le procédé de préparation Bamiléké est très semblable à ceux décrits dans d'autres pays par les auteurs ci-dessus mentionnés. Les racines de manioc, décortiquées et lavées, sont râpées sur une tôle percée à l'aide des grosses pointes (figure 11). La pulpe, enfermée dans des sacs, est comprimée pendant trois à six jours entre des planches pour en exprimer le suc (figure 12). Elle est ensuite grossièrement tamisée pour éliminer les fibres les plus volumineuses et les morceaux épargnés par la râpe. Enfin, elle est déshydratée par passage sur une tôle chauffée à feu doux enduite d'huile de palme pour éviter les adhérences.

Après un nouveau tamisage on obtient un produit granulé, de couleur crème, à saveur acidulée, pouvant se conserver des mois. On le consomme souvent froid après l'avoir fait gonfler dans l'eau sucrée, ou quelquefois du lait. On peut aussi le faire gonfler dans l'eau chaude ou frire dans l'huile.

L'élimination de l'amertume et de la toxicité dues à la présence d'acide cyanhydrique motive la technologie relativement complexe du gari. Pulpage et fermentation favorisent le contact entre les glucosides cyanogénétiques et les enzymes responsables de leur hydrolyse. L'égouttage permet également d'éliminer une partie des substances toxiques. Enfin, le séchage par chauffage sur tôle favorise le départ de l'acide cyanhydrique par volatilisation. Effectivement, VIGNOLI et CRISTAU (21) ne retrouvent aucune trace d'acide cyanhydrique dans les trois échantillons de gari qu'ils ont étudiés, originaires de Côte-d'Ivoire et du Cameroun. En Nigéria, OKE (22) a montré que la teneur en acide cyanhydrique rapportée à 100 g de matière sèche passait de 38 mg dans la racine à 1,9 mg dans le gari.

(*) Note - Le tapioca est préparé à partir d'amidon de manioc préalablement isolé et purifié, puis gélifié. Le gari est préparé à partir de pulpe entière.



Figure 11
Préparation du gari :
Râpage des racines.



Figure 12
Préparation du gari :
Egouttage et fermentation
de la pulpe.

La fermentation est par ailleurs responsable du goût acidulé et de la saveur particulière de ce produit. Selon COLLARD et LEVI (23) deux microorganismes interviendraient au cours de cette phase de la préparation : un *Corynebacterium* et un champignon, *Geotricum candida*.

Le premier, non décrit jusqu'alors et qu'ils ont dénommé *Corynebacterium manihot*, est trouvé en nombre **croissant** dans la pulpe au cours des quarante-huit premières heures de la fermentation. Il serait responsable de la production d'acides organiques à partir de l'amidon, d'où abaissement du pH qui provoquerait alors l'hydrolyse spontanée des glucosides cyanogénétiques avec libération d'acide cyanhydrique à l'état gazeux. Quand la quantité d'acides organiques est devenue suffisante, les conditions seraient favorables au développement du *Geotricum* qui devient prédominant les troisième et quatrième jours de la fermentation. Ce dernier microorganisme serait responsable de la formation des divers aldéhydes et esters qui donnent au gari son arôme et son goût caractéristique.

En application de cette étude, COLLARD et LEVI ont ensemencé de la pulpe de manioc avec un mélange de cultures pures de *Corynebacterium manihot* et de *Geotricum candida*. Ils ont pu obtenir ainsi, en vingt-quatre heures seulement, un gari de goût identique au produit préparé en quatre jours selon la méthode traditionnelle. La durée de préparation peut également être ramenée à vingt-quatre heures en utilisant comme inoculum le jus s'écoulant de la pulpe durant le premier stade de la fermentation et conservé à température ambiante pendant quatre jours. Cette méthode de production accélérée du gari devait être adoptée, à l'époque, par certaines sociétés coopératives de Nigéria. Nous ignorons où en est cette expérience à l'heure actuelle.

Les deux opérations de préparation traditionnelle de gari que nous avons observées ont eu des rendements en produit fini de 39,3 et 37,8 % respectivement, soit en moyenne 38,5 % par rapport à la racine entière telle qu'achetée (tableaux 10 et 10 bis).

Quels sont les effets de chaque phase de la préparation sur le potentiel nutritionnel du manioc ?

Le râpage a peu de répercussions. On retrouve cependant moins d'acide ascorbique, de matières minérales totales et de phosphore dans la pulpe qu'il n'y en avait primitivement dans la racine épluchée (comparaison du tableau 11 avec les tableaux 10 et 10 bis). Si la destruction d'une partie de la vitamine C s'explique aisément par le contact de la tôle métallique et l'action favorable du broyage sur les réactions enzymatiques, on ne comprend pas que la perte en phosphore et en sels minéraux totaux après pulpage soit plus importante qu'après simple épluchage.

L'ensemble égouttage-fermentation et le tamisage qui suit ont par contre des répercussions notables (tableau 20) :

- 2 à 3 % seulement de la matière sèche, des glucides et des calories sont éliminés contre 5 % de l'indigestible glucidique ;
- 23 à 29 % des sels minéraux sont entraînés par égouttage ;
- 36 % de l'azote disparaît ;
- les pertes de thiamine, niacine et acide ascorbique sont de 30, 36 et 76 % respectivement alors que 8 % seulement de la riboflavine est affectée.

Deux explications semblent pouvoir être données à la modicité du déficit en cette dernière vitamine : ou bien sa rétention est plus importante que celle des autres éléments hydrosolubles ; ou bien la fermentation s'accompagne d'une synthèse de riboflavine venant compenser en partie les pertes par dissolution dans le jus d'égouttage.

La déshydratation par grillage et le dernier tamisage font disparaître 52 % de l'acide ascorbique restant dans la pulpe fermentée, 17 % des vitamines B₁ et B₂ et 8 % des sels minéraux totaux. On note que le contact de la pulpe avec la tôle chauffante et l'huile qui l'enveloppe provoque une augmentation du fer de 130 % et des lipides de 203 %. Les autres nutriments ne sont pratiquement pas touchés au cours de cette dernière phase de la préparation.

T A B L E A U 20

INFLUENCE DE CHAQUE PHASE DE PREPARATION DU GARI

pourcentage de perte (-) ou de gain (+)

	! Egouttage, ferment- ! tation et tamisage !	! Grillage et tamisage !	! Cuisson à l'eau !
ids	! - 22	! - 35	! + 300
ids sec	! - 3	! - 2	! 0
lories	! - 3	! - 1	! -
otides	! - 36	! - 3	! -
pides	! - 38	! + 203 *	! -
ucides totaux	! - 2	! - 2	! -
digestible glucidique	! - 5	! - 1	! -
ndres	! - 23	! - 8	! -
lcium	! - 23	! - 3	! -
osphore	! - 29	! - 1	! -
r	! -	! + 130 *	! -
iamine	! - 30	! - 17	! - 64
boflavine	! - 8	! - 17	! 0
acine	! - 36	! 0	! + 2
ide ascorbique	! - 76	! - 52	! -

* Gains par apport extérieur (voir p. 25).

Si le gari est cuit à l'eau, on récupère dans la pâte 64 % de la thiamine et on dose 2 % de niacine de plus. On n'observe aucun changement pour la riboflavine. Bien que nous n'ayons pas dosé la vitamine C il est fort probable qu'elle est endommagée par l'action de la chaleur.

VIII). Cuisson à l'eau et préparation de medua-me-mbong

Les racines de manioc doux décortiquées, lavées et divisées en gros morceaux sont couvertes d'eau froide. On porte à l'ébullition pendant une demi-heure à une heure. Après rejet de l'eau de cuisson, le produit est prêt à être consommé.

Le manioc cuit peut aussi être découpé en fragments de un à deux centimètres de côté et mis à tremper durant douze à trente-six heures dans l'eau courante. On obtient ainsi ce que les Ewondos appellent le medua-me-mbong. Ce lavage prolongé, facultatif pour le manioc doux, est obligatoire dans le cas des variétés amères.

Ces préparations sont consommées avec n'importe quel type de sauce : viande, poisson, arachides, graines de courge, feuilles vertes, etc.

Les tableaux 21 et 21 bis dressent le bilan nutritionnel des deux recettes. Il apparaît à la lecture de ces tableaux que le lavage prolongé est bien plus préjudiciable à la valeur nutritive que la simple cuisson. Il entraîne des pertes 10 à 15 fois supérieures en riboflavine, trois à huit fois supérieures en thiamine, niacine, sels minéraux et protides. Seules les pertes en lipides et calcium sont plus faibles par lavage que par cuisson.

Le medua-me-mbong apparaît comme un aliment presque exclusivement énergétique avec 98,6 de glucides dans la matière sèche, moins de 1 % de protides, lipides et sels minéraux et des quantités infimes de vitamines (tableau 24).

T A B L E A U 21

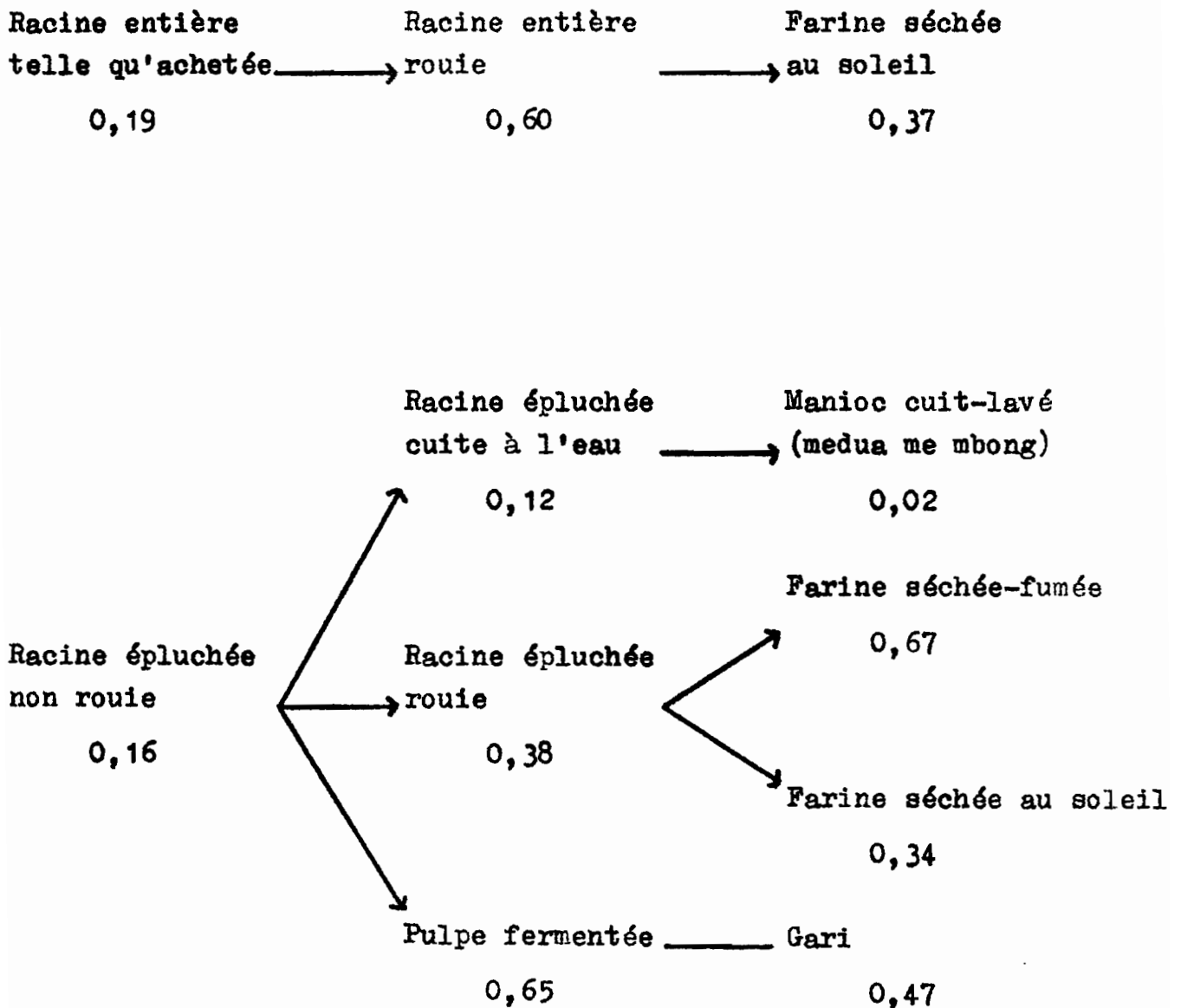
CUISSON A L'EAU ET PREPARATION DE MEDUA-ME-MBONG

	Matière sèche g	Calories	Protides g	Lipides g	Glucides totaux g	Indigestible glucidique g	Cendres g
Racine entière 4 327 g	-	-	-	-	-	-	-
Racine épluchée 3 375 g	1 259	5 000	18,3	8,3	1 208	23,8	24,7
Racine cuite 3 735 g	1 223	4 850	15,7	2,9	1 183	19,4	21,7
Pourcentage de perte (-) par cuisson	- 3	- 3	- 14	- 65	- 2	- 18	- 12
Medua-me-mbong 2 818 g	824	3 300	6,6	2,2	812	13,2	3,0
Pourcentage de perte par lavage prolongé	- 33	- 32	- 58	- 24	- 31	- 32	- 86

FIGURE 4

Evolution de l'acidité au cours des transformations technologiques

(en grammes d'acide acétique pour 100 g de matière sèche)



T A B L E A U 21 bis

CUISSON A L'EAU ET PREPARATION DE MEDUA-ME-MBONG

(vitamines et éléments minéraux)

	!Thiamine ! mg	!Riboflavine! ! mg	! Niacine ! mg	!Ac. ascorbique! ! (*) ! mg	!Calcium! ! mg	!Phosphore ! mg	! Ca/P	! Fer ! mg
Racine entière 4 327 g	! -	! -	! -	! -	! -	! -	! -	! -
Racine épluchée 3 375 g	! 1,16	! 0,89	! 23,3	! 1 181	! 466	! 2 788	! 0,17	! 15,4
Racine cuite 3 735 g	! 0,83	! 0,86	! 20,5	! 75	! 454	! 2 436	! 0,19	! 18,7
Pourcentage de perte (-) ou de gain (+) par cuisson	! - 28	! - 3	! - 12	! - 94	! - 5	! - 13	!	! + 21
Medua-me-mbong 2 818 g	! 0,11	! 0,30	! 1,52	! -	! 443	! 582	! 0,76	! 6,7
Pourcentage de perte par lavage prolongé	! - 87	! - 65	! - 93	! -	! - 2	! - 76	!	! - 64

* D'après les résultats de S. LE BERRE, G. GALLON et B. TABI - référence bibliographique n° 24.

La racine simple^{ment} cuite à l'eau est moins dépréciée ; elle contient 1,5 % de protides et de cendres, un potentiel en vitamines du groupe B peu diminué par la cuisson et une teneur en acide ascorbique qui, bien que très faible, n'est pas totalement à négliger.

DISCUSSION DES RESULTATS

En se basant sur leurs rendements en principes nutritifs (tableaux 22 et 23), il est possible de porter un jugement sur la valeur des diverses préparations du manioc.

Matière sèches, glucides totaux, calories

Les pertes les plus importantes en matière sèche, glucides totaux et calories se produisent lors de la préparation de medua-me-mbong (57 à 59 %), de farines fumées-séchées (46 à 48 %) et plus généralement des produits obtenus à partir de manioc épluché avant d'être roui (35 à 48 %). La préparation de gari (24-26 %), de farine séchée au soleil après rouissage avec écorce (26-28 %) ou simplement de manioc épluchée cru/^{ou}cuit à l'eau (19 et 30 % respectivement) sont les recettes qui permettent les pertes les moins élevées en matière sèche totale, glucides et calories.

Protides

C'est la préparation de farine séchée à l'ombre après rouissage avec écorce qui donne le meilleur rendement, permettant de retrouver autant d'azote que dans la racine épluchée crue (47 à 50 %). Viennent ensuite, par ordre de rendements décroissants, la racine cuite à l'eau (41 %), le gari (36 %), les farines séchées au soleil ou à la fumée (25 à 29 %), les produits rouis sans écorce (16 à 22 %) et le medua-me-mbong (13 %).

T A B L E A U 22

APPORT NUTRITIONNEL APRES TRANSFORMATION DE 100 g DE RACINE ENTIERE

	! Racine ! entière	! Racine ! épluchée ! crue	! Racine ! cuite ! à l'eau	! Bâton	! Gari	! F a r i n e s		! Racine ! cuite ! lavée
						! rouissage ! sans écorce	! rouissage ! avec écorce	
Poids frais (g)	! 100	! 77,2	! 85,4	! 49,2	! 38,5	! 25,0 à 29,2!	! 27,9 à 34,0	! 64,5
Matière sèche (g)	! 40,0	! 32,2	! 28,0	! 21,6	! 29,7	! 21,0 à 25,3!	! 21,0 à 28,7	! 15,6
Calories	! 157	! 127	! 110	! 86	! 119	! 84 à 101	! 83 à 115	! 66
	!	!	!	!	!	!	!	!
Protides (g)	! 1,02	! 0,48	! 0,42	! 0,18	! 0,37	! 0,16 à 0,22!	! 0,26 à 0,51!	! 0,14
Lipides (g)	! 0,12	! 0,09	! 0,03	! 0,02	! 0,21 *	! 0,05 à 0,06!	! 0,04 à 0,12!	! 0,03
Glucides totaux (g)	! 37,9	! 31,0	! 27,1	! 21,2	! 28,8	! 20,6 à 24,8	! 20,4 à 28,1	! 15,3
Indigestible glucidique (g)	! 1,34	! 0,61	! 0,48	! 0,37	! 0,56	! 0,36 à 0,39!	! 0,34 à 0,58!	! 0,28
	!	!	!	!	!	!	!	!
Cendres (g)	! 0,90	! 0,57	! 0,45	! 0,21	! 0,34	! 0,16 à 0,19!	! 0,24 à 0,50!	! 0,06
Calcium (mg)	! 26,2	! 13,5	! 12	! 7	! 10	! 6,3 à 8,4	! 7,4 à 15,0	! 10
Phosphore (mg)	! 47,3	! 39,4	! 31	! 13	! 18	! 9,3 à 11,0	! 10,4 à 21,0	! 6
Fer (mg)	! 3,5	! 0,5	! 0,6	! 3,1	! 1,5	! 0,2 à 0,7	! 0,8 à 11,9*	! 0,17
	!	!	!	!	!	!	!	!
Thiamine (µg)	! 72	! 31	! 20	! 10	! 18	! 6 à 11	! 13 à 23	! 2
Riboflavine (µg)	! 34	! 18	! 16	! 21	! 15	! 10 à 12	! 8 à 22	! 5
Niacine (µg)	! 735	! 519	! 406	! 164	! 335	! 110 à 180	! 166 à 369	! 27
Ac. ascorbique (mg)	! 33	! 20	! 1	! 1	! 2	! 0	! 0	! 0
	!	!	!	!	!	!	!	!

* Apport extérieur

T A B L E A U 23

RENDEMENTS NUTRITIONNELS DES TRANSFORMATIONS DU MANIOC

	! Racine ! entière !	! Racine ! épluchée, ! crue !	! Racine ! cuite ! à l'eau !	! Bâton !	! Gari !	! F a r i n e !		! Racine ! cuite ! lavée !
						! rouissage ! sans écorce !	! rouissage ! avec écorce !	
Poids frais	! 100 !	! 77 !	! 85 !	! 49 !	! 39 !	! 25 à 29 !	! 28 à 34 !	! 64 !
Matière sèche	! 100 !	! 80 !	! 70 !	! 54 !	! 74 !	! 52 à 63 !	! 52 à 72 !	! 41 !
Calories	! 100 !	! 81 !	! 70 !	! 55 !	! 76 !	! 54 à 64 !	! 53 à 73 !	! 42 !
	! !	! !	! !	! !	! !	! !	! !	! !
Protides	! 100 !	! 47 !	! 41 !	! 18 !	! 36 !	! 16 à 22 !	! 25 à 50 !	! 13 !
Lipides	! 100 !	! 75 !	! 23 !	! 18 !	! 173 * !	! 42 à 50 !	! 33 à 100 !	! 27 !
Glucides totaux	! 100 !	! 82 !	! 71 !	! 56 !	! 76 !	! 54 à 65 !	! 54 à 74 !	! 43 !
Indigestible glucidique	! 100 !	! 46 !	! 35 !	! 28 !	! 42 !	! 27 à 29 !	! 25 à 43 !	! 21 !
	! !	! !	! !	! !	! !	! !	! !	! !
Cendres	! 100 !	! 63 !	! 50 !	! 23 !	! 37 !	! 18 à 21 !	! 27 à 56 !	! 7 !
Calcium	! 100 !	! 52 !	! 45 !	! 27 !	! 37 !	! 24 à 32 !	! 28 à 57 !	! 39 !
Phosphore	! 100 !	! 83 !	! 65 !	! 27 !	! 38 !	! 20 à 23 !	! 22 à 44 !	! 14 !
Fer	! 100 !	! 14 !	! 16 !	! 10 !	! 42 !	! 6 à 19 !	! 23 à 340 * !	! 5 !
	! !	! !	! !	! !	! !	! !	! !	! !
Thiamine	! 100 !	! 43 !	! 28 !	! 14 !	! 25 !	! 8 à 15 !	! 18 à 32 !	! 3 !
Riboflavine	! 100 !	! 53 !	! 47 !	! 62 !	! 43 !	! 29 à 35 !	! 24 à 65 !	! 15 !
Niacine	! 100 !	! 71 !	! 55 !	! 22 !	! 46 !	! 15 à 24 !	! 23 à 50 !	! 4 !
Acide ascorbique	! 100 !	! 62 !	! 3 !	! 3 !	! 6 !	! 0 !	! 0 !	! 0 !
	! !	! !	! !	! !	! !	! !	! !	! !

* par apport extérieur.

Sels minéraux

La racine crue est le mode de consommation qui permet de récupérer le maximum de cendres, calcium et phosphore. L'action solvante de l'eau, utilisée dans tous les procédés de transformation, se traduit le plus souvent par des pertes importantes. Certains traitements permettent cependant de compenser partiellement ces déficits quelquefois même de retrouver dans le produit fini plus d'éléments minéraux que dans la racine initiale. Ainsi le lavage prolongé du medua-me-mbong et de l'écorce provoque une fixation de calcium non négligeable alors que tous les autres éléments hydrosolubles sont pratiquement épuisés. A un degré encore plus marqué, le séchage à l'ombre ou au soleil accroît la teneur des farines en sels minéraux et surtout en fer apportés par les poussières et la terre. On peut ainsi retrouver dans la farine vingt-cinq fois plus de fer dans le manioc d'origine. De même, le contact avec des ustensiles de cuisine métalliques (râpes, tôles, marmites...) provoque une augmentation du taux de fer dans le gari et le manioc cuit à l'eau : par exemple, le gari contient trois fois plus de fer que les racines initiales.

Mais, d'une façon générale, les pertes en sels minéraux les plus importantes sont observées lors de la préparation de medua-me-mbong, des farines séchées-fumées et des produits obtenus après rouissage sans écorce.

Vitamines

Seule la racine crue contient une proportion appréciable de vitamine C. Tous les traitements l'affectent gravement. Certains, comme la cuisson à l'eau (24) et la préparation du bâton ou du gari en font disparaître la plus grande partie. D'autres la réduisent à néant ; c'est ainsi qu'on n'en trouve plus la moindre trace dans les farines et dans le medua-me-mbong.

Les diverses transformations diminuent plus ou moins considérablement le potentiel en thiamine - hydrosoluble et thermolabile - et en niacine, soluble mais peu sensible à la chaleur. Leur classement, par ordre de rendements décroissants, est le suivant :

- racine ~~crue~~ crue
- manioc cuit à l'eau
- produits rouis avec écorce
- gari
- produits rouis sans écorce
- farines séchées-fumées
- medua-me-mbong

On ne retrouve dans ce dernier plus que 3 à 4 % des vitamines initiales.

La riboflavine mérite une attention spéciale. Dans les produits rouis sa teneur est d'autant plus importante que la racine n'a pas été pelée avant son immersion et que les traitements ultérieurs ont été poursuivis à l'abri de la lumière. C'est ainsi que les meilleurs rendements s'observent lors de la préparation de bâton, protégé de la lumière par son enveloppe de feuilles, et de farines séchées à la fumée ou à l'ombre après rouissage avec écorce. On retrouve même dans ces trois types de produits plus de vitamine B₂ qu'il n'y en a dans la racine épluchée crue correspondante. Il se produit donc un gain effectif de riboflavine.

La racine cuite à l'eau et le gari perdent peu de vitamine B₂ par rapport à la racine crue. Par contre les pertes sont plus élevées lors de la préparation de farine séchée-fumée après rouissage sans écorce et surtout lors du séchage au soleil. Dans ce dernier cas, et même lorsque le manioc n'est pas pelé avant son immersion, le stock de riboflavine de la partie comestible est diminué de plus de 50 %. Enfin, comme pour tous les nutriments, calcium excepté, c'est la préparation de medua-me-mbong qui donne le plus faible rendement en vitamine B₂. Il est à noter cependant que la fuite de riboflavine au cours du lavage prolongé est moins importante que celle de beaucoup d'autres principes nutritifs hydrosolubles tels que thiamine, niacine, fer et cendres. Cette constatation est peut-être due à la solubilité relativement faible de cette vitamine.

En bref, pour la plupart des nutriments, riboflavine et fer exceptés, les transformations les plus simples sont celles qui respectent le mieux le potentiel nutritionnel du manioc.

En les envisageant sous l'angle de leur composition chimique et de leur valeur nutritionnelle, il est également possible de juger les diverses formes de consommation du manioc. A la lecture des tableaux 24 et 24 bis qui présentent leur composition chimique, il s'avère que toutes ces formes sont très pauvres tant en protides, lipides et sels minéraux qu'en vitamines, et que les différences qui existent entre elles sont faibles. Il est possible cependant d'établir une hiérarchie dans cette pauvreté.

C'est ainsi que la racine crue, et à un degré moindre la racine cuite à l'eau, sont généralement plus riches en protides, cendres, phosphore et vitamines, tout en ayant des teneurs en indigestible glucidique relativement faibles, en tout cas comparables à celles des autres dérivés. Leurs taux de calcium ne sont dépassés que par ceux du medua-me-mbong, de l'écorce cuite lavée et de la farine séchée au soleil après rouissage avec écorce. Leurs rapports Ca/P, de 0,34 et 0,38 respectivement, sont faibles et moins favorables que ceux des autres formes. Les vitamines du groupe B sont à des teneurs plus élevées à l'exception de la riboflavine dont le taux est moindre que ceux de certains produits enrichis par rouissage. Enfin la richesse de la racine crue en acide ascorbique est d'autant plus appréciable que tous les autres dérivés en sont pratiquement dépourvus.

Mais les racines crues ou simplement cuites à l'eau ne peuvent être consommées que s'il s'agit de variétés douces, ce qui limite notablement leur importance dans l'alimentation africaine. La consommation de manioc cru est d'ailleurs fort restreinte : la plupart des populations le considèrent plutôt comme une friandise, et si OKE (22) en signale l'utilisation par certains Haoussas du Nord de la Nigéria, il est probable que c'est seulement comme aliment secondaire dans cette région où les céréales occupent la première place.

T A B L E A U 24
COMPOSITION DES DERIVES DU MANIOC TELS QUE CONSOMMES
 (pour 100 grammes de matière sèche)

	! Racine épluchée crue	! Racine cuite à l'eau	! Bâton	! Gari	! Gari cuit	! Farine cuite		! Racine cuite lavée	! Ecorce cuite lavée
						! rouissage sans écorce	! rouissage avec écorce		
Calories	! 395	! 394	! 399	! 400	! 400	! 400	! 397	! 399	! 395
Protides (g)	! 1,51	! 1,49	! 0,85	! 1,25	! 1,25	! 0,75 à 0,87	! 0,91 à 1,79	! 0,83	! 1,95
Lipides (g)	! 0,4	! 0,1	! 0,1	! 0,7	! 0,7	! 0,2	! 0,3	! 0,2	! 0,3
Glucides totaux (g)	! 96,3	! 96,8	! 98,1	! 96,9	! 96,9	! 98,2	! 96,7 à 97,2	! 98,6	! 96,0
Indigestible gluci- dique (g)	! 1,9	! 1,7	! 1,7	! 1,9	! 1,9	! 1,5 à 1,7	! 1,2 à 2,0	! 1,7	! 10,8
Cendres (g)	! 1,77	! 1,61	! 0,98	! 1,13	! 1,13	! 0,74 à 0,77	! 1,14 à 1,27	! 0,34	! 1,71
Calcium (mg)	! 42	! 42	! 34	! 33	! 33	! 30 à 33	! 35 à 52	! 61	! 389
Phosphore (mg)	! 122	! 110	! 62	! 61	! 61	! 43 à 49	! 49 à 73	! 39	! 45
Ca/P	! 0,34	! 0,38	! 0,55	! 0,54	! 0,54	! 0,61 à 0,76	! 0,64 à 0,71	! 1,56	! 8,6
Fer (mg)	! 2	! 2	! 15	! 5	! 5	! 1 à 3	! 3 à 41	! 1	! 13
Thiamine (µg)	! 96	! 71	! 46	! 60	! 38	! 28 à 44	! 58 à 80	! 14	! 52
Riboflavine (µg)	! 57	! 57	! 95	! 49	! 49	! 36 à 55	! 28 à 98	! 30	! 20
Niacine (µg)	! 1611	! 1450	! 756	! 1128	! 1151	! 574 à 777	! 864 à 1395	! 161	! 17
Ac. ascorbique (mg)	! 61	! 4	! 6	! 6	! -	! 0	! 0	! -	! -

COMPOSITION DES DERIVES DU MANIOC

(pour 100 g de partie comestible)

	Racine épluchée crue	Racine cuite à l'eau	Racine cuite à l'eau et lavée (medua-me-mbong)	Ecorce cuite lavée	Bâton	Gari	Farines fumées-séchées			Farines séchées		
							séchage 15 jours	séchage 30 jours	Rouissage avec écorce	au soleil	à l'ombre	Rouissage avec écorce
nombre d'échantillons	5	2	2	2	3	2	3	3	1	2	1	2
calories	167	127	114	84	176	309	315	336	301	345	345	346
humidité (%)	57,6	67,7	71,5	78,6	56,0	22,8	21,3	15,9	24,8	13,0	12,8	13,4
protéides (g)	0,64	0,48	0,24	0,42	0,38	0,97	0,60	0,63	1,06	0,80	0,93	0,7
lipides (g)	0,2	0,03	0,06	0,07	0,04	0,5	0,2	0,2	0,2	0,4	0,4	0,2
acides totaux (g)	40,9	31,3	28,1	20,5	43,2	74,7	77,4	82,6	73,1	84,3	85,3	85,0
glucide digestible glucidique (g)	0,8	0,5	0,5	2,3	0,7	1,4	1,4	1,4	1,4	1,7	1,7	1,3
minéraux (g)	0,75	0,52	0,10	0,37	0,43	0,87	0,58	0,65	0,85	1,52	1,62	0,6
calcium (mg)	18	14	17	83	15	26	24	26	26	45	45	28
phosphore (mg)	52	36	11	10	27	47	38	37	37	63	63	38
K/P	0,34	0,38	1,56	8,6	0,55	0,54	0,61	0,70	0,71	0,71	0,71	0,7
fer (mg)	0,6	0,6	0,3	2,9	6,4	4,1	0,9	0,9	2,9	35,8	34,5	2,3
thiamine (µg)	41	23	4	11	20	47	29	25	45	60	53	39
riboflavine (µg)	24	18	9	4	42	38	46	43	78	25	29	33
niacine (µg)	683	469	46	4	333	871	447	442	596	1107	1140	615
acide ascorbique (mg)	26	0,1	-	-	2,5	5	0	0	0	0	0	0

Le plus souvent, des traitements plus ou moins complexes doivent être appliqués quand on se trouve en présence de variétés amères qu'il faut débarrasser de leurs glucosides cyanogénétiques ou si on veut obtenir des produits stockables et transportables.

Parmi les dérivés de transformation du manioc, le gari ainsi que les produits obtenus après rouissage avec écorce sont ceux qui paraissent les moins dépouillés de leurs principes nutritifs nobles par rapport à la racine crue d'origine (tableau 25). Ils sont très proches les uns des autres par leurs teneurs en protides, cendres, phosphore, thiamine et niacine. Par le calcium et la riboflavine, le gari se rapproche cependant davantage des farines rouies sans écorce alors que par sa très grande pauvreté en vitamine B₂, la farine séchée au soleil est voisine du medua-me-mbong et de l'écorce cuite lavée.

Le bâton se situe, selon les nutriments, tantôt près du gari et des farines issues de manioc roui avec écorce, tantôt près des farines obtenues par rouissage de racine pelée. Il est à noter cependant que les bâtons que nous avons étudiés ont été préparés à partir de tubercules épluchés puis rouis. Malgré ce handicap, ils possédaient tous des teneurs en riboflavine, cendres et phosphore relativement élevées. Il est très probable que les bâtons préparés par rouissage avec écorce doivent se situer parmi les dérivés du manioc les plus intéressants sur le plan nutritionnel.

Lorsque les racines ont été pelées avant d'être rouies, les farines qui en résultent sont parmi les formes les plus pauvres surtout si elles sont séchées-fumées. Seul le medua-me-mbong est encore plus démuné en nutriments, calcium excepté.

Mentionnons enfin que si l'écorce cuite lavée figure parmi les dérivés du manioc les mieux pourvus en protides, cendres, fer et surtout calcium, elle est par contre parmi les plus pauvres en thiamine et sa teneur en riboflavine et niacine est de loin la plus faible. Par ailleurs, son taux en insoluble formique en fait très probablement un aliment plus nocif qu'utile.

T A B L E A U 25

COMPARAISON DE LA VALEUR NUTRITIVE DES DERIVES DU MANIOC TELS QUE CONSOMMES

(la racine épluchée crue est prise pour base = 100)

	! Racine épluchée crue	! Racine cuite à l'eau	! Bâton	! Gari	! Gari cuit	! Farines cuites		! Racine cuite lavée	! Ecorce cuite lavée
						! rouissage sans écorce	! rouissage avec écorce		
Calories	! 100	! 100	! 101	! 101	! 101	! 101	! 101	! 101	! 99
Protides	! 100	! 99	! 56	! 83	! 83	! 50 à 58	! 60 à 119	! 55	! 129
Lipides	! 100	! 25	! 25	! 175	! 175	! 50	! 75	! 50	! 75
Glucides totaux	! 100	! 101	! 102	! 101	! 101	! 102	! 101	! 102	! 100
Indigestible glu- cidique	! 100	! 90	! 90	! 100	! 100	! 79 à 90	! 63 à 105	! 90	! 568
Cendres	! 100	! 91	! 55	! 64	! 64	! 42 à 43	! 64 à 72	! 19	! 97
Calcium	! 100	! 100	! 81	! 79	! 79	! 71 à 79	! 83 à 124	! 145	! 926
Phosphore	! 100	! 90	! 51	! 50	! 50	! 35 à 40	! 40 à 60	! 32	! 34
Fer	! 100	! 125	! 1 000	! 333	! 333	! 67 à 200	! 200 à 2733	! 67	! 867
Thiamine	! 100	! 74	! 48	! 63	! 40	! 29 à 46	! 60 à 83	! 15	! 54
Riboflavine	! 100	! 100	! 167	! 86	! 86	! 63 à 96	! 49 à 172	! 52	! 35
Niacine	! 100	! 90	! 47	! 70	! 71	! 36 à 48	! 54 à 87	! 10	! 1
Ac. ascorbique	! 100	! 6	! 10	! 10	! -	! 0	! 0	! -	! -

On peut se demander si les différences de composition chimique qui existent entre les divers dérivés du manioc et qui portent sur des écarts très faibles se traduisent en fait par des variations notables des taux de couverture des besoins nutritionnels quand ces produits entrent en proportion importante dans la ration.

A titre d'exemple, nous avons calculé l'apport réalisé par des quantités de manioc couvrant 80 % des besoins caloriques journaliers de l'homme adulte actif. Ces quantités sont voisines des maxima de consommation observés au Cameroun.

A la lecture du tableau 26, il apparaît en premier lieu qu'il est vain de vouloir établir des discriminations entre les divers dérivés du manioc en se basant sur leur teneur en fer. Tous, en effet, sous réserve que leur fer soit assimilable, satisfont très largement le besoin quotidien de l'homme adulte. Le medua-me-mbong lui-même, le moins riche en fer, suffirait à couvrir ce besoin pour peu qu'il en soit consommé quotidiennement 120 g (exprimés en matière sèche), soit la quantité assurant 18,5 % seulement du besoin énergétique.

En ce qui concerne les protides et la riboflavine, principes nutritifs fréquemment déficitaires dans les régimes alimentaires africains, les variations existant entre les divers produits se traduisent par des différences d'apport qui sont loin d'être négligeables. C'est ainsi que dans une ration où il représente à lui seul 80 % de l'apport calorique, le manioc fournira 4 g ou 14 g de protides, couvrant 7 ou 23 % des besoins de l'homme adulte, selon qu'il sera sous forme de farine fumée obtenue par rouissage sans écorce ou sous forme de farine séchée à l'ombre après rouissage avec écorce. De même, il assurera à lui seul 10 ou 35 % du besoin en riboflavine selon qu'il sera sous forme de farine séchée au soleil et de medua-me-mbong ou sous forme de bâton roui sans écorce. La différence serait encore plus grande avec le bâton roui avec écorce.

En ce qui concerne la vitamine C, autre nutriment fréquemment insuffisant dans les rations africaines, les différences sont également importantes. Sans tenir compte du cas peu vraisemblable qui verrait le manioc cru apporter 80 % des calories de la ration et couvrir le besoin en acide ascorbique à plus de 400 %, il est remarquable que le bâton frais ou le gari consommé sans cuisson supplémentaire peuvent satisfaire jusqu'à 40 % de ce besoin alors que les farines ou le medua-me-mbong ne sont d'aucun secours dans ce domaine.

Les différences ne sont pas négligeables non plus lorsqu'on considère la thiamine, la niacine et le calcium. Quand la farine fumée préparée par rouissage sans écorce n'assure même pas 20 % des besoins en thiamine et niacine, la quantité isocalorique de farine séchée à l'ombre après rouissage avec écorce couvre à elle seule plus de 40 % de ces besoins. Le medua-me-mbong dans les mêmes conditions n'apporte que 5 à 7 % des vitamines B₁ et PP nécessaires. Mais il fournit par contre 65 % du calcium quotidiennement souhaitable et la farine séchée au soleil 54 % quand la farine fumée après rouissage sans écorce n'en procure que 31 %.

Ces quelques comparaisons montrent que les différences de composition chimique des divers dérivés du manioc se traduisent par des variations non négligeables dans la couverture des besoins nutritionnels lorsque ces produits entrent en proportion importante dans la ration alimentaire. Il n'est donc pas indifférent de recommander la consommation de certaines formes plutôt que d'autres, selon les déficiences particulières de chaque régime alimentaire.

En résumé, si l'on essaie de classer les diverses transformations du manioc en fonction de leur rendement en nutriments, on aboutit approximativement aux mêmes résultats que lors de leur classement selon la valeur nutritive des produits finis.

La racine crue et, en second lieu, la racine cuite à l'eau sont les plus intéressantes si l'on considère la plupart des principes nutritifs, riboflavine et fer exceptés.

Le gari ainsi que les produits obtenus par rouissage avec écorce (farines et bâton) viennent ensuite avec des valeurs voisines. Parmi eux, les farines séchées à l'ombre, plus riches que celles séchées au soleil en protides, vitamines B₁ et surtout B₂, le sont moins par contre en sels minéraux.

L'épluchage du manioc avant son rouissage conduit à des bâtons et des farines très pauvres. Il faut noter cependant que ces produits sont plus riches en riboflavine que les farines séchées au soleil même si ces dernières ont été obtenues par rouissage avec écorce.

Le medua-me-mbong est de loin le plus démuné. Seule sa teneur en calcium n'est pas négligeable, le situant parmi les dérivés les moins pauvres en ce nutriment. Il n'en demeure pas moins que 100 g de racine brute consommée sous forme de medua-me-mbong apporte moins de calcium que si on la consomme simplement épluchée crue ou cuite à l'eau. Par ailleurs, si le manioc cuit et lavé à l'eau de la ville de Yaoundé est relativement riche en calcium, en est-il de même pour les produits identiques préparés dans d'autres régions ? Dans les zones rurales notamment, il existe peu de chateaux d'eau et de conduites en ciment susceptibles d'augmenter la concentration de l'eau en calcium.

Rappelons enfin le cas particulier de l'écorce interne cuite-lavée, plus riche que les autres dérivés en protides, cendres, calcium, fer, mais pauvre en phosphore, thiamine et riboflavine, pratiquement dépourvue de niacine et très chargée d'indigestible glucidique.

INFLUENCE DES TRANSFORMATIONS TECHNOLOGIQUES SUR LA DIGESTIBILITE

La valeur nutritive d'un aliment ne dépend pas seulement de sa composition biochimique. En l'état actuel de nos connaissances, elle ne peut donc pas être déduite uniquement de son analyse in vitro. D'autres facteurs interviennent dont l'action et l'importance sont plus ou moins bien connues et qui tiennent soit à l'aliment lui-même ou à d'autres constituants de la ration, soit au consommateur ou à son organisme.

Citons notamment les caractères organoleptiques et l'appétabilité, la digestibilité, les facteurs stimulants ou inhibiteurs d'enzymes, les enzymes et les microflores d'adaptation etc. Nous évoquerons d'une part la digestibilité du manioc en relation avec l'activité de l' α -amylase, d'autre part l'influence que peut avoir cet amylacé sur certains enzymes.

La digestibilité d'un aliment est une notion essentiellement subjective qui exprime la facilité et la rapidité avec laquelle il est digéré. Deux caractéristiques objectives permettent de la quantifier : le coefficient d'utilisation digestive et la facilité d'attaque enzymatique.

Le coefficient d'utilisation digestive (C.U.D.) traduit la capacité pour un aliment d'être assimilé plus ou moins complètement, c'est-à-dire de donner une proportion plus ou moins grande de nutriments réellement absorbés au niveau de la muqueuse intestinale. On le détermine par des mesures in vivo. On sait que le C.U.D. d'un aliment donné est affecté par la teneur de la ration en indigestible glucidique qui joue le rôle "d'anti-aliment". C'est ainsi que PERISSE, ADRIAN et JACQUOT (20) ont montré que les C.U.D. de divers dérivés du manioc (fécule, gari, farine de racine épluchée ou de racine entière) sont d'autant plus élevés que l'insoluble formique est plus faible :

	Insoluble formique (g %)	Insoluble formique du régime	C.U.D.
Fécule	0	0	97,2
Gari	1,7	1,2	95
Farine de racine épluchée	2,3	1,7	93,5
Farine de racine entière	6,6	4,9	90,2

Les mêmes auteurs notent cependant que l'indigestible glucidique du manioc est moins agressif dans son rôle d'anti-aliment que celui d'autres végétaux tels que les céréales par exemple.

Sur la base de cette faible agressivité et du taux en insoluble formique, nous pouvons avancer qu'il ne doit pas exister de grandes différences entre les C.U.D. des diverses formes de consommation du manioc au Cameroun (tableau 27). Notons cependant que la teneur en éléments ligno-cellulosiques de l'écorce interne doit réduire considérablement le coefficient d'utilisation digestive de la ration.

Mais deux aliments qui ont des C.U.D. semblables, c'est-à-dire qui sont aussi bien utilisés l'un que l'autre, peuvent demander, l'un un acte digestif long et difficile, l'autre un acte court et facile. Ce travail digestif peut être évalué in vitro par la facilité de l'attaque enzymatique de l'aliment considéré.

L'un de nous a montré dans une étude précédente (25) que l'amidon de manioc cru se situait, du point de vue de la vitesse d'hydrolyse par l' α -amylase bactérienne, entre les amidons de céréales et les amidons de banane plantain, de fruit à pain et de tubercules (ignames, taro, macabo, patate douce, pomme de terre) (graphique 1).

La même étude montre que l' α -amylolyse de l'amidon de manioc n'est pas accélérée par les fermentations intervenant au cours du rouissage de la racine ou pendant la préparation du gari (graphique 2). Les farines rouies et la pulpe fermentée, tant qu'elles ne sont pas soumises à l'action de la chaleur, sont au contraire légèrement moins sensibles que la racine fraîche. Cette différence est peut-être due à la présence, dans la racine fraîche non fermentée, d'une amylase du manioc qui vient joindre son action à celle de l' α -amylase

T A B L E A U 27

INDIGESTIBLE GLUCIDIQUE DES DERIVES DU MANIOC

(en g pour 100 g de matière sèche)

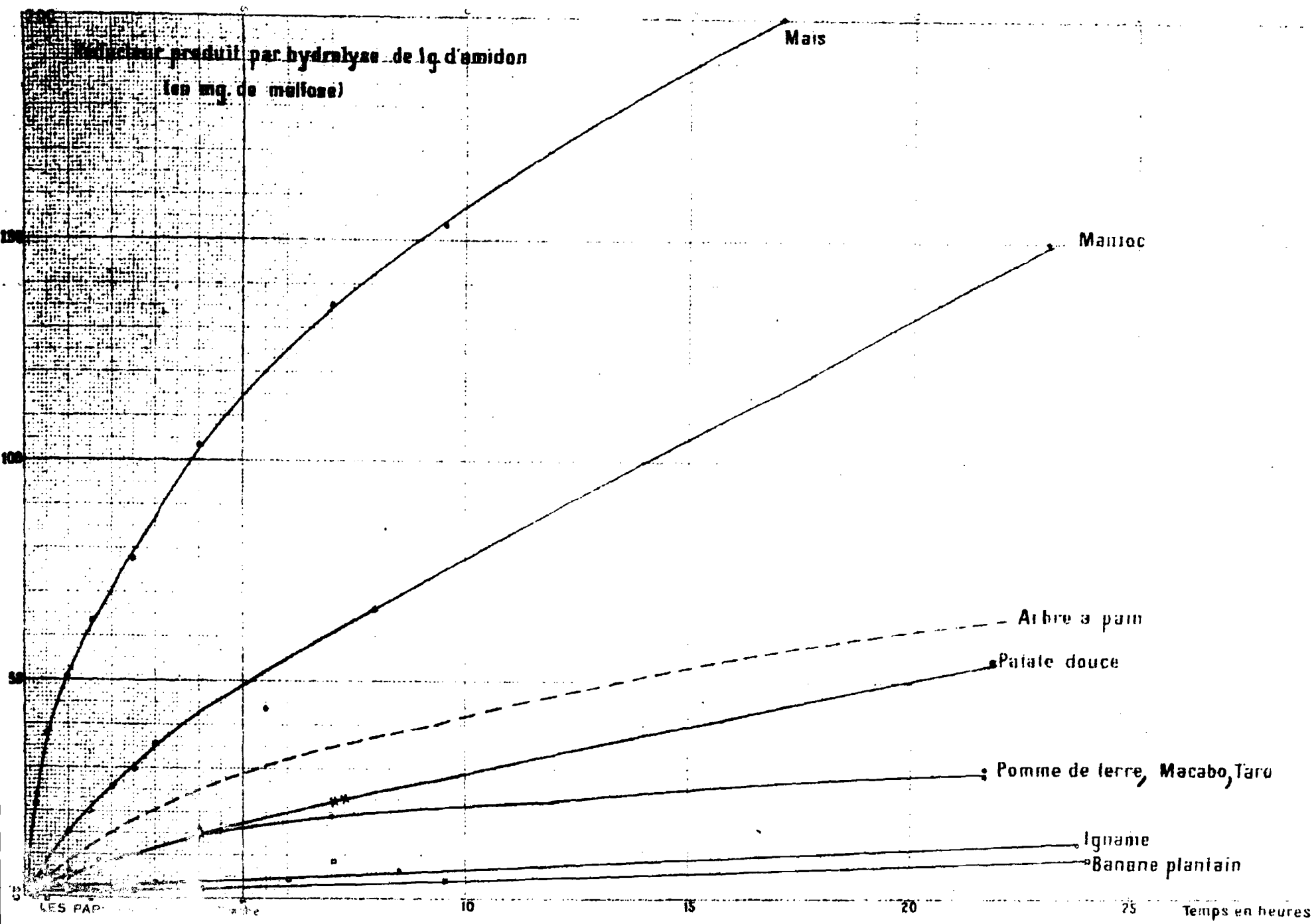
	! Nombre ! d'échantillons ! analysés	! Moyenne	! Minimum	! Maximum
cine épluchée	! 3	! 1,90	! 1,81	! 2,00
rine séchée fumée (tamisée)	! 5	! 1,73	! 1,61	! 1,86
rine séchée au soleil (tamisée)	! 5	! 1,65	! 1,18	! 2,03
ton	! 4	! 1,69	! 1,58	! 1,86
ri	! 2	! 1,88	! 1,87	! 1,88
orce cuite-rouie	! 3	! 10,8	! 8,6	! 12,5
	!	!	!	!
	!	!	!	!
	!	!	!	!

bactérienne utilisée expérimentalement.

Seuls le bâton et le gari, après empesage par la chaleur, et à fortiori les produits cuits, présentent une vitesse d α -amylolyse élevée (graphique 3).

En ce qui concerne l'influence du manioc sur certains enzymes, notons que TREMOLIERES et coll. ont montré qu'en présence de lactalbumine, le tapioca donne lieu à une protéolyse intense et rapide par la trypsine et faible par la pepsine, alors que d'autres amylasés, comme le blé ou la pomme de terre, produisent un ralentissement très net de la protéolyse, surtout tryptique (26).

Nous nous proposons, dans un prochain travail, d'étudier l'influence des divers dérivés du manioc sur différents enzymes.



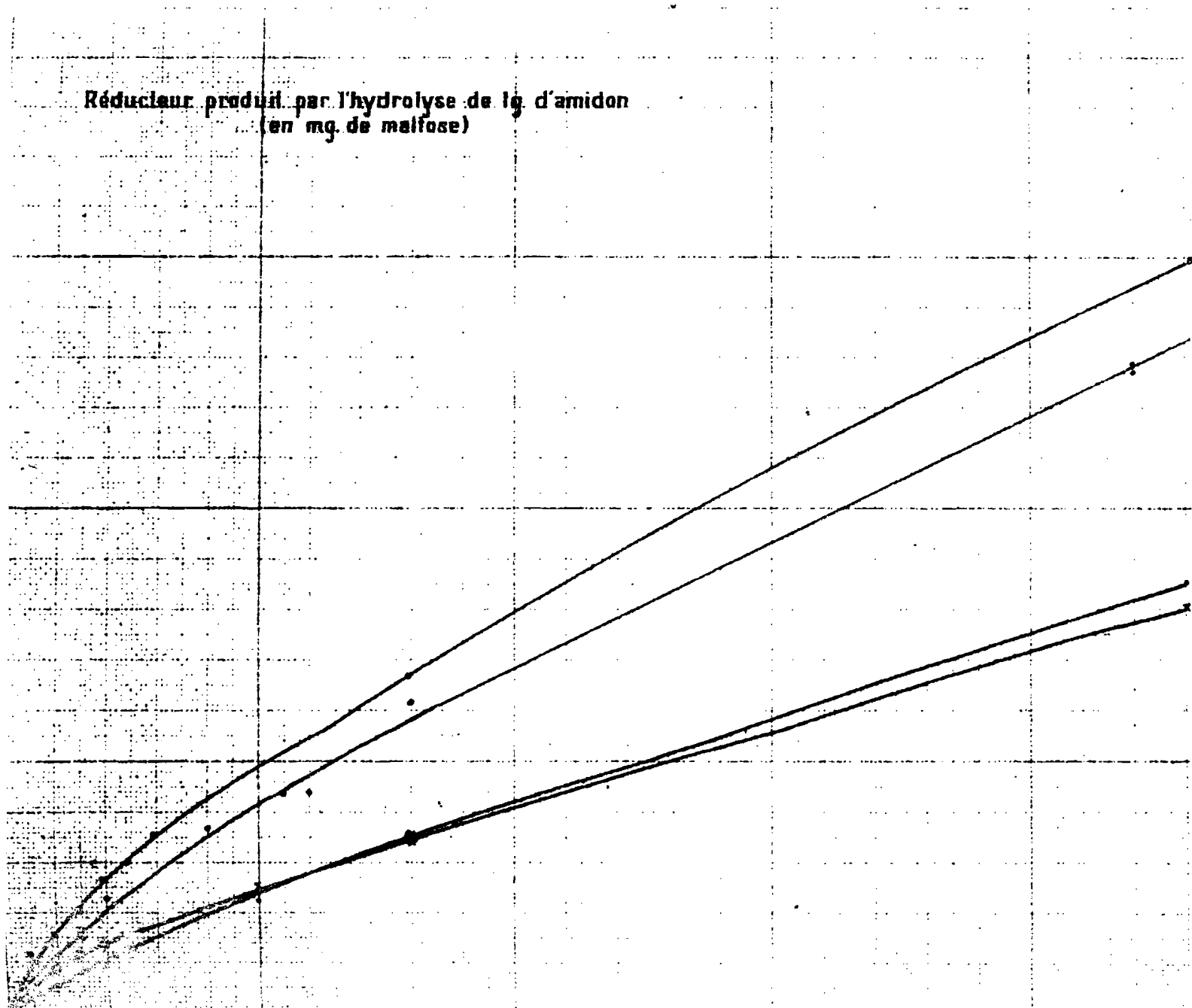
Réducteur produit par l'hydrolyse de 1g. d'amidon
(en mg. de maltose)

Racine fraîche de manie

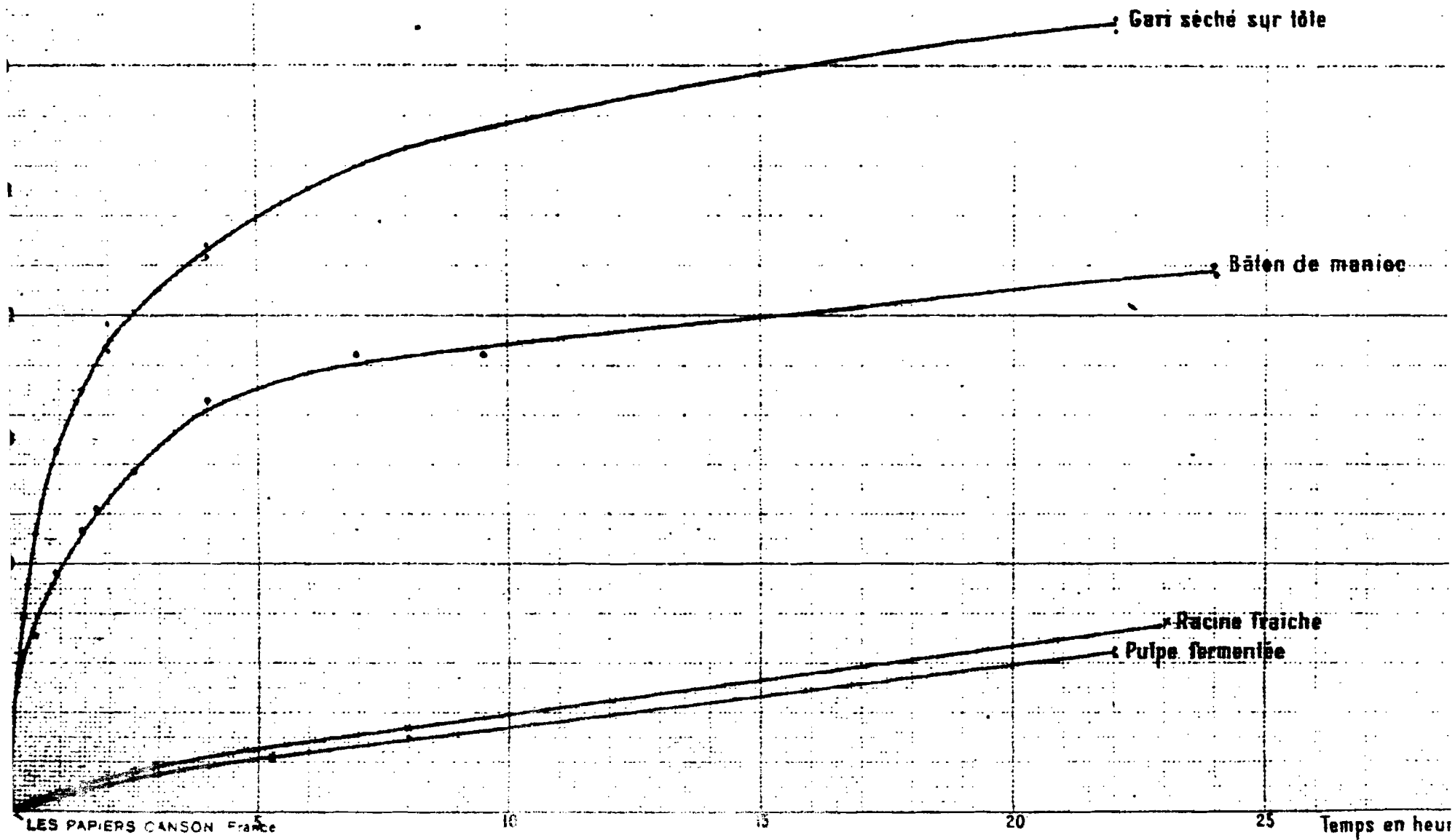
Palpe fermentée

Farine séchée à la fumé

Farine séchée au soleil



Réducteur produit par hydrolyse de 1g. d'amidon
(en mg de maltose)



TRANSFORMATIONS TECHNOLOGIQUES INDUSTRIELLES DU MANIOC

Dans de nombreux pays, le manioc est utilisé par diverses industries. Peut-il en être de même au Cameroun ?

Une entreprise de mouture de manioc séché au soleil existe déjà à Bambarang, dans l'Adamaoua. Les 600 à 700 tonnes de farine qu'elle produit annuellement sont écoulées dans les villes, principalement auprès des collectivités (armée, pensionnats...).

Dans le Nord, une importante usine de filature et tissage consomme mensuellement 12 tonnes de fécule pour l'encollage de ses filés de coton. L'amidon destiné à cet usage doit être de pureté et de qualité constantes, ce qui exclue la possibilité d'utiliser la farine de manioc de Bambarang. Cette filature étant actuellement le seul utilisateur important d'amidon, les débouchés locaux d'une féculerie de manioc sont trop restreints pour justifier la création d'une telle entreprise. Le seuil de rentabilité d'une féculerie se situe, en effet, nettement au-dessus de la capacité d'absorption du Cameroun et des Etats voisins. Par ailleurs, le marché mondial de l'amidon est saturé.

Par contre, des débouchés sont envisageables auprès des industries alimentaires camerounaises. Les brasserie pourraient substituer la farine de manioc à une partie des brisures de riz actuellement importées, ce qui, outre les avantages économiques, permettrait l'obtention d'une bière moins chargée en protéines, plus conforme au goût des Camerounais. Il faudrait cependant parvenir à éliminer totalement l'odeur que le rouissage communique au manioc et qui risquerait de modifier l'arôme de la bière.

Les boulangeries, biscuiteries et industries de pâtes alimentaires pourraient remplacer tout ou partie de la farine de froment importée à grands frais par la farine de manioc. Les inconvénients nutritionnels résultant de cette substitution peuvent être éliminés par l'incorporation de denrées riches en protéines et vitamines produites au Cameroun, telles que farines délipidées d'arachides, de coton,

ou de soja que livre l'industrie des oléagineux. De multiples formules de mélanges ont été expérimentées et se sont avérées très intéressantes sur le plan nutritionnel.

Depuis PAYEN qui, dès la mise en culture du manioc dans les ex-colonies françaises, avait montré la possibilité d'en panifier la farine, de nombreux essais ont été tentés (27). Plusieurs pays ont adopté transitoirement, en certaines circonstances, l'incorporation de manioc au pain avec ou sans enrichissement par des farines de légumineuses : Italie et France à la fin de la première guerre mondiale, Paraguay lors du conflit du Chaco... (28, 29, 30, 31, 32, 33).

Si, sur le plan technologique, l'addition de farines étrangères au blé est généralement possible jusqu'à concurrence de 5 à 10 %, des proportions plus importantes conduisent à des produits difficiles à travailler et assez différents du pain ou des pâtes classiques auxquels sont déjà habitués beaucoup de Camerounais. Par ailleurs, une diminution des importations de blé de 5 à 10 % seulement n'apporterait qu'une médiocre amélioration de la balance des paiements extérieurs. Pour le Cameroun, comme pour beaucoup de pays tropicaux, la solution est donc dans le remplacement total de la farine de blé par des succédanés produits localement.

À la demande de l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (F.A.O.), l'Institut du blé de la farine et du Pain (Wageningen, Pays Bas) est en train de rechercher des techniques de fabrication de pain sans froment suffisamment riche en protéines (34, 35).

Les premiers résultats sont extrêmement encourageants, tout particulièrement avec la fécule de manioc additionnée de 20 % de farine délipidée de soja ou d'arachide. Un agent "surfactant", le monostéarate de glycéryle, doit être ajouté à la dose de 1 % pour lier entre elles les particules d'amidon, rendre possible la levée de la pâte et donner la texture souhaitable à la mie. Les autres ingrédients sont classiques : eau, levure, sel, sucre. On obtient un pain dont la bonne qualité a impressionné de nombreux experts : de couleur grise ou crème, de goût agréable ou neutre, il possède une efficacité protidique supérieure à celle du pain de froment.

Des résultats tout aussi encourageants ont été obtenus dans le domaine des pâtes alimentaires par une firme privée à Mysore (Inde) et par la SATEC* en France (36). Le produit expérimenté à Mysore a la composition suivante :

- semoule d'arachide déshuilée (tourteaux d'huileries)... 15 %
- farine de manioc..... 60 %
- semoule de blé dur 25 %

Celui de la SATEC, avec 30 % de farine d'arachide délipidée et 70 % de manioc est entièrement dépourvu de froment. Avec le matériel courant de pastification, on obtient des pâtes analogues à celles préparées habituellement avec des semoules et farines de blé, quoique plus foncées. Après cuisson, elles conservent en grande partie leur forme initiale ; leur consistance est très semblable à celle des pâtes courantes cuites.

Il ne faut cependant pas se dissimuler qu'en plus des difficultés techniques, il se pose des problèmes d'ordre psychologiques encore plus difficiles quand il s'agit de modifier des habitudes. La substitution de farine de manioc à la farine de froment revient en effet à changer les habitudes des fabricants et celles des consommateurs. Les fabricants se montrent généralement peu enclins à procéder à des essais souvent longs et coûteux qui vont perturber le fonctionnement normal de leur entreprise, pour aboutir à des produits finis qui risquent de ne pas plaire à leurs clients. Les consommateurs, de leur côté, habitués au pain et aux pâtes de froment, risquent de réserver un mauvais accueil à des produits analogues, mais légèrement différents d'aspect et de goût.

Ces problèmes ne doivent pas être perdus de vue.

Plusieurs autres perspectives d'utilisation industrielle sont également envisageables au Cameroun.

* Société d'Assistance Technique et de Crédit Social d'Outre-Mer.

Farines diététiques pour nourrissons et enfants au sevrage

Le manioc, associé à des produits riches en protéines, vitamines et sels minéraux, peut constituer le support énergétique d'aliments composés pour enfants. Ses propriétés antifloculantes vis-à-vis de la caséine, rendant le lait plus digeste, sont alors très appréciables (37, 38). Citons dans ce domaine le "BOSSPEL", constitué de manioc et de tourteau de soja, qui, expérimenté en Nigéria sur des enfants de 2 à 4 ans, a donné d'aussi bons résultats que les régimes à base de poudre de lait (39). Mentionnons aussi un produit mis au point par l'ITIPAT (Institut pour la Technologie et l'Industrialisation des Produits Agricoles Tropicaux, Abidjan), le "manioca", poudre précuite de manioc, utilisable dans de nombreuses industries pour ses qualités physiques (mécanisation des mélanges) ou à cause de son pouvoir antifloculant sur la caséine : maniotomate, maniobanane, maniopapaye, crème à tartiner ... (40).

Fabrication industrielle de plats traditionnels

L'adaptation à l'échelle industrielle de la préparation accélérée du gari en Nigéria, a été évoquée ci-dessus (23). L'ITIPAT d'Abidjan a mis au point le "Foutouprêt", farine d'igname précuite vendue en sachets et permettant aux ménagères de préparer rapidement et sans fatigue bouillies et boules de pâtes (vouvou). La même fabrication peut être adaptée au manioc (41).

La transposition sur le plan industriel des plats traditionnels a, parmi d'autres avantages, celui de faciliter leur enrichissement nutritionnel. On peut soit incorporer directement des concentrés protéiques, vitaminiques ou minéraux dans le gari ou la farine de manioc, soit les ajouter aux sauces et assaisonnements vendus en sachets accompagnant le plat de base. C'est ainsi que l'Institut Fédéral de la Recherche Industrielle (Lagos, Nigéria), a étudié l'enrichissement du gari par un mélange constitué de 70 % de farine entière de soja, 20 % de sésame, 5 % de farine d'arachide délipidée et

5 % de levure sèche (42). L'addition d'une partie de ce concentré à 5,4 parties de manioc (sur la base du poids sec) conduit à un gari dont la teneur protidique s'élève à 8 %. La valeur biologique des protéines passe de 47 dans le gari ordinaire à 68 dans l'aliment enrichi. Si l'incorporation du concentré à la pulpe fermentée a été effectuée avant empesage et dessiccation, on obtient un produit homogène conservant l'essentiel de sa valeur nutritionnelle au cours des traitements culinaires ultérieurs.

Cultures de microorganismes sur manioc pour la production de protéines

On sait que les levures peuvent être cultivées sur des milieux essentiellement glucidiques pour peu qu'on apporte les sels minéraux nécessaires. Elles se développent rapidement, consommant les glucides et concentrant dans leurs cellules les protéines qu'elles synthétisent à partir des sels minéraux azotés. Il suffit alors, en fin d'opération, de les isoler pour obtenir un concentré protéique qu'on pourra utiliser dans la préparation d'aliments composés enrichis.

Nombre ^{et} de travaux de recherches et de réalisations industrielles ont déjà effectués dans cette voie et se développent sans cesse (43, 44).

Des essais effectués au Tropical Product Institute de Londres sont basés sur ce principe, mais la phase finale des opérations est différente. Ils visent à l'obtention d'un fromage végétal riche en protéines par des moyens simples et peu coûteux, comparables à ceux requis par la préparation artisanale du gari (45, 46). Le procédé consiste à ensemercer par des moisissures sélectionnées une pâte humide composée de farine de manioc, de sels minéraux et d'une source d'azote (nitrates, sels d'ammonium, urée...). La pâte est alors pressée à travers un moule pour obtenir une sorte de spaghettis qui, abandonnés à la fermentation, vont être pénétrés et agglomérés par les filaments mycéliens. Les principales souches essayées appartiennent aux genres

Rhizopus, Neurospora, Aspergillus et Mucor. La plupart ont été isolées à partir de préparations traditionnelles asiatiques ou indonésiennes : tempeh, ontjom etc. Le fromage végétal obtenu, six à sept fois plus riche en protéines que le manioc d'origine, peut être frit comme le tempeh (fromage de soja), congelé ou desséché puis pulvérisé pour être utilisé comme farine. Mais le procédé en est encore au stade du laboratoire et il ne peut être envisagé pour l'instant de passer à la production commerciale.

C O N C L U S I O N

Le manioc, considéré comme aliment, nous place devant un dilemme. Faut-il jeter sur lui l'anathème, comme l'on fait les nutritionnistes, l'accusant d'être responsable du déséquilibre alimentaire d'une partie de la population mondiale ? Faut-il au contraire maintenir et même encourager sa production eu égard à quelques précieux avantages agronomiques et parce qu'il permet à de nombreuses populations de se nourrir ?

Quelle que soit l'attitude à adopter, qui, selon nous, doit dépendre des conditions propres à chaque situation, il paraît illusoire de vouloir réduire à brève échéance l'importance de la consommation du manioc. On assiste, au contraire, chaque année, à l'extension de son aire de production à travers le Monde. C'est pourquoi, simultanément aux efforts tendant à restreindre sa place dans des régimes alimentaires déséquilibrés, il nous paraît utile de rechercher et de préconiser les formes de consommation sous lesquelles ses défauts nutritionnels sont les moins marqués. Il convient également d'essayer d'améliorer les procédés de transformation afin de préserver le plus possible ses nutriments nobles. Il est souhaitable, enfin, de trouver dans l'industrie alimentaire de nouvelles utilisations du manioc qui permettront son enrichissement nutritionnel et l'amélioration des conditions

d'approvisionnement des villes tout en stimulant l'activité économique.

Ces nouveaux débouchés faciliteraient par ailleurs l'écoulement des excédents au cas où son utilisation dans la cuisine traditionnelle viendrait à diminuer plus vite que sa production.

Notre travail est une contribution à ce programme.

A N N E X E
TECHNIQUES D'ANALYSES

Humidité : dessiccation à l'étuve à 102-105° C jusqu'à poids constant (48 h).

Protides : dosage de l'azote total selon la méthode de Kjeldahl après minéralisation sulfurique en présence de catalyseur au sélénium.

Coefficient de conversion de l'azote en protides = 6,25.

Lipides : Extraction par l'éther de pétrole au soxhlet.

Glucides totaux : différence entre l'extrait sec et la somme protides + lipides + cendres.

Indigestible glucidique : technique de GUILLEMET et JACQUOT (47) à l'acide formique.

Cendres : incinération à 550° C pendant 6 à 8 heures.

Calcium : dosage complexométrique (acide éthylène-diamine-tétracétique) en présence d'indicateur de PATTON et RIEDER, sur une solution chlorhydrique des cendres.

Phosphore : dosage colorimétrique du phospho-vanado-molybdate d'ammonium, sur le minéralisat sulfurique [technique de MISSON adaptée par STUFFINS (48)]

Fer : dosage colorimétrique de l'orthophénanthroline ferreuse sur les cendres.

Vitamines du groupe B : dosages microbiologiques selon les techniques de :
- DEIBEL, EVANS et NIVEN pour la thiamine (49)
- SNELL et STRONG pour la riboflavine (50)
- SNELL et WRIGHT pour la niacine (51).

Acide ascorbique total : oxydation en acide déhydroascorbique en présence de noir norit puis colorimétrie de l'osazone formée avec la 2-4-dinitrophényl-hydrazine.

Calories : application des coefficients d'Atwater : (52)
- 2,78 pour les protides - 8,37 pour les lipides
- 4,03 pour les glucides totaux par différence.

B I B L I O G R A P H I E

1. J. PERISSE.- L'alimentation des populations rurales du Togo.- Ann. Nutr. Alimentation, 1962, XVI, n° 4, pp. 1-58.
2. P. BASCOULERGUE et J. BERGOT.- L'alimentation rurale au Moyen-Congo.- 1959. Edité par Service commun de lutte contre les grandes endémies. Imprimerie PROTAT Frères. Mâcon.
3. R. MASSEYEFF, B. BERGERET, A. CAMBON, M.L. PIERME et R. BEBEY-EYIDI.- Enquêtes sur l'alimentation au Cameroun. I.- EVODOULA (1958), II.- BATOURI (1958), III.- GOLOMPUI (1959), IV.- DOUALA (1961). Editions ORSTOM.
4. G. WINTER.- Le niveau de vie des populations de l'Adamaoua. Editions Direction de la Statistique du Cameroun et ORSTOM, 1964.
5. J. GABAIX.- Le niveau de vie des populations de la zone cacaoyère du Centre-Cameroun. Editions Ministère Camerounais des Affaires Economiques et du Plan et SEDES, 1966.
- 5bis P.J. FRANCOIS.- Budgets et alimentation des ménages ruraux en 1962 à Madagascar. Edité conjointement par Ministère Malgache des Finances et du Commerce, Secrétariat d'Etat aux Affaires Etrangères chargé de la Coopération (France), CINAM et INSEE .
- 5ter O.L. OKE.- Chemical studies on some Nigerian foodstuffs - Kpokpogari (processed cassava). Tropical Sci. 1966, 8, pp. 23-27.
6. L. GOLBERG, J.M. THORP et S. SUSSMAN.- B vitamines in african fermented foods. Nature, 1945, 156, 364.
7. J. PERISSE, J. ADRIAN, A. RERAT, S. LE BERRE.- Bilan nutritif de la transformation du sorgho en bière. Ann. Nutr. Alim., 1959, XIII, n° 1, pp. 1-15.

8. B.S. PLATT.- Biological ennoblement : improvement of the nutritive value of foods and dietary regimens by biological agencies. Food Technology, mai 1964, 68 (662) - 76 (670).
9. R. CIFFERI.- Saggio di classificazione delle razze di manioca (*Manihot esculenta crantz*). Relazioni e Monografi Agrario Coloniali, 1938, n° 44, pp. 1-58.
10. R. CIFFERI.- Fondamenti per una classificazione subspecifica della *Manihot esculenta crantz*.- Archivio botanico Forli, 1942, 18, pp. 27-33.
11. D.J. ROGERS.- Some botanical and ethnological considerations of *manihot esculenta crantz*. Economic Botany, 1965, 19, n° 4, pp. 369-377.
12. R. CERIGHELLI.- Cultures Tropicales.- I.- Plantes vivrières.- Baillièrè éd. 1955.
13. A. WALKER.- Un aliment de famine : l'écorce de manioc.- Rev. Bot. Appl. Agric. trop., 1951, 31, 542.
14. J. PELE et S. LE BERRE.- Les aliments d'origine végétale au Cameroun.- 1966.- Editions ORSTOM.
15. E.J. BIGWOOD et E.L. ADRIAENS.- Amino-acid content of cassava meal. Malnutrition in African mothers, infants and young children. Rapport de la 2° conférence interafricaine sur la nutrition (C.C.T.A.). Gambie. 1952.
16. F. BUSSON.- Plantes alimentaires de l'Ouest-Africain. Etude botanique, biologique et chimique - édité conjointement par Ministère français de la Coopération, Ministère d'Etat chargé de la Recherche Scientifique et Technique et Ministère des Armées (D.C.S.S.A.) 1965.

17. F. BUSSON et B. BERGERET.- Contribution à l'étude des feuilles de manioc. Méd. Trop., 1958, 18, pp. 142-144.
18. E.L. ADRIAENS et O. HESTERMANS-MEDARD.- Remarques à propos de la composition chimique du manioc roui, non roui ou cuit à l'eau. Bull. Agric. du Congo Belge, 1954, XLV, n° 1, pp. 1-26.
19. O.L. EKPECHI.- Pathogenesis of endemic goitre in Eastern Nigeria. Brit. J. Nutrition, 1967, 21, n° 3, pp. 537-545.
- 19bis J. ADRIAN.- Synthèse de vitamine PP au cours de la torréfaction du café et son utilisation biologique. Café, cacao, thé, 1963, 7, pp. 369.
20. J. PERISSE, J. ADRIAN et R. JACQUOT.- Etude in vivo et in vitro de la digestibilité du manioc sous différentes formes : farine entière, farine blutée, féculé et gari. Ann. Nutr. Alim., 1956, 10, n° 2, pp. 13-21.
21. L. VIGNOLI et B. CRISTAU.- Le gari. Analogies et différences avec le tapioca. Cahiers coloniaux, 1950, n° 8, pp. 303-308.
22. O.L. OKE.- Chemical studies on some Nigerian foodstuffs - "gari". Nature, 1966, 212, pp. 1055-1056.
23. P. COLLARD et S. LEVI.- A two stage fermentation of cassava. Nature, 1959, 183, pp. 620-621.
24. S. LE BERRE, G. GALLON et B. TABI.- Teneur en vitamine C dans les tubercules et le plantain du Cameroun avant et après cuisson. Ann. Nutr. Alim., 1969, 23, n° 1, pp. 31-45.
25. J.C. FAVIER.- Etude de la digestibilité "in vitro" de l'amidon de diverses plantes alimentaires du Sud-Cameroun. Influence des transformations technologiques sur l'amidon de manioc. Ind. Alim. Agr., 1969, 86, n° 1, pp. 9-13.

26. J. TREMOLIERES, J.J. BERNIER et R. LOWY.- Etudes sur les modalités de digestion de divers types d'amidon. Nutr. Dieta, 1959, 1, pp. 100-120.
27. R. JACQUOT et B. NATAF.- Le manioc et son utilisation alimentaire. 1936. HERMANN et Cie éd.
28. Aspects physiologiques du pain avec manioc.- Bull. Inst. Fisiol. (Asuncion, Paraguay) 1935, n° 18.
29. K.F. FINNEY et coll.- Baking properties and Palatability studies of soy flours in blends with winter wheat flour. Cereal chem., 1950, 27, 312.
30. E. GREWE.- Use of peanut flour in baking. Food Research, 1945, 10, 28.
31. R. JACQUOT.- Aspect physiologique et alimentaire de l'emploi des succédanés en panification.- Ann. Nutr. Alim., 1948, 2, 647-665.
32. G. MARTINO.- La panificazione mista con mandioca.- Quaderni del nutrizione, 1934, 1, pp. 149-152.
33. V. SUBRAHMANYAN et M. SWAMINATHAN.- Utilization of tuber crops for meeting food shortage.- Food Sci. (India), 1959, 177.
34. L. VAHL.- Protéine comestible.- Ind. Alim. Agr., 1967, 84, n° 2, pp. 121-125.
35. J.C. KIM et D. DE RUITER.- Bread from non-wheat flours.- Food Technology, 1968, 22, n° 7, pp. 867-878.
36. S.A.T.E.C. (Société d'Assistance Technique et Crédit Social d'Outre-Mer).- Ateliers de fabrication de pâtes alimentaires.- Editions du Ministère français de la Coopération, 1964, pp. 14-15 et 64-66.

37. M. LELONG, J. PAUPE, J. COLLIN et H. MABILLE.-- La floculation de la caséine du lait de vache en présence des empois d'amidon. Comparaison entre le tapioca et les autres amidons. Arch. Françaises de Pédiatrie, 1965, 22, n° 4, pp. 427-439.
38. M. LELONG, J. VIALATTE, J. PAUPE, J.C. DALLOZ, L. HELENE.-- Le tapioca dans l'alimentation du nourrisson de moins de 6 mois.-- Arch. Française de Pédiatrie, 1960, 17, n° 10, pp. 1-11.
39. OLUMBE BASSIR.-- VII° Congrès International de Nutrition. Hambourg 1966. (d'après L. GENEVOIS. Le VII° Congrès International de Nutrition).-- Ind.Alim.Agr., 1967, 84, n° 7-8, pp. 1091-1102.
40. M.G. BUREAU.-- L'alimentation de demain ... peut-être ? Ind. Alim. Agr., 1967, n° 2, 84, pp. 105-115.
41. R. BOUSSER et I. BERNIER.-- Procédé de fabrication d'un produit alimentaire tropical précuit à base de racine d'igname ou de manioc ou de banane plantain.-- Brev. Frs. n° 1.395.654, 18 feb. 1964.-- Ext. Bull.Off.Prop.Ind., Paris, 16 apr. 1965, n° 16, p. 4960.
42. I.A. AKINRELE.-- Nutrient enrichment of gari.-- W. African J. of Biol. Appl. Chem., 1967, 10, n° 1, pp. 19-23.
43. M. TVEIT.-- Conversion of starch to microbial cell mass of high nutritional value. Ier. Congrès Intern. Agr. Alim. en zones trop. et subtrop. Abidjan 1964.
44. L. LEFRANCOIS.-- La levure et le continent africain. 1^{er} Congrès Intern. des Ind. Agr. Alim. en zones trop. et subtrop. Abidjan 1964.
45. E.J. BROOK, W.R. STANTON et A. WALLBRIDGE.-- Fermentation methods for protein enrichment of cassava.-- 3rd. Int. Fermentation Symposium. New Brunswick. Sept. 1968.

46. W.R. STANTON et A. WALLBRIDGE.- Fermented food processes.
Process Biochemistry, avril 1969.
47. R. GUILLEMET et R. JACQUOT.- C. R. Ac. Sc., 1943, 216, 508 ;
R. JACQUOT et R. FERRANDO.- Les Tourteaux, 1957, pp. 101-102,
Vigot éd.
48. C.B. STUFFINS.- The determination of phosphate and calcium in
feeding stuffs.- The Analyst, 1967, 92, pp. 107-111.
49. R.H. DEIBEL, J.B. EVANS et C.F. NIVEN.- Microbiological assay for
thiamin using *Lactobacillus viridescens*.- J. of Bacteriol., 1957,
74, pp. 818-821.
50. E.E. SNELL et F.M. STRONG.- A microbiological assay for riboflavin.-
Ind. Eng. Chem., Anal. Ed., 1939, 11, 346.
51. E.E. SNELL et L.D. WRIGHT.- A microbiological method for the
determination of nicotinic acid. J. Biol. Chem., 1941, 139, 675.
52. B.K. WATT et A.L. MERRILL.- Composition of foods. Agriculture
Handbook n° 8, 1963. US Department of Agriculture.

OUVRAGES GENERAUX

- R. CERIGHELLI.- Cultures tropicales. I.- Plantes vivrières. 1955, Baillièrè éd.

- M. VAN DEN ABEELE et R. VANDENPUT.- Les principales cultures du Congo Belge. 1956. Publications de la Direction de l'Agriculture, des Forêts et de l'Elevage - Bruxelles.

- F. BUSSON.- Plantes alimentaires de l'Ouest Africain. Etude botanique, biologique et chimique. 1965.- Ministère de la Coopération, Ministère d'Etat chargé de la Recherche Scientifique et Technique, Ministère des Armées. Paris.

- JACQUOT et B. NATAF.- Le manioc et son utilisation alimentaire. 1936. Hermann et Cie éd.

- L. PYNAERT.- Le manioc. 1951.- Publications de l'Agriculture - Bruxelles.