

LA TECHNOLOGIE TRADITIONNELLE DU MANIOC AU CAMEROUN

INFLUENCE SUR LA VALEUR NUTRITIVE

par

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

Section Nutrition de l'O.R.S.T.O.M., Yaoundé

avec la collaboration technique de : M. ABONA, F. ESSIMBI, V. LACTHIH, V. MBAZOA,
C. MESSI, A. NGOUHOUE et B. TABI

(Reçu le 4 mai 1970)

SOMMAIRE

I. INTRODUCTION ET OBJET DU TRAVAIL.

II. MATÉRIEL D'ÉTUDE ET TECHNIQUES D'ANALYSES.

- A. Aspects botaniques et agronomiques.
- B. Composition chimique et valeur nutritive.
- C. Techniques analytiques.

III. RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX.

- A. Épluchage.
- B. Rouissage.
- C. Broyage.

D. Farine de manioc.

1° Préparation par séchage et fumage.

2° Préparation par séchage au soleil.

3° Comparaison des farines de manioc et de leurs modes de préparation

4° Utilisation de la farine de manioc.

E. Bâton de manioc.

F. Le Cari.

G. Cuisson à l'eau et préparation de *Medua-me-mbong*.

IV. DISCUSSION DES RÉSULTATS.

A. Matières sèches, glucides totaux, calories.

B. Protides.

C. Sels minéraux.

D. Vitamines.

E. Influence des transformations technologiques sur la digestibilité.

V. CONCLUSION.

I

INTRODUCTION ET OBJET DU TRAVAIL

Comme le montrent diverses enquêtes de consommation alimentaire, le manioc occupe une place très importante dans l'alimentation des populations des zones guinéenne et équatoriale d'Afrique (tableau I). C'est ainsi que PERISSE (24) note que, dans le sud du Togo, le manioc figure au menu de 84 à 98 p. 100 des repas, assurant selon les saisons de 40 à 60 p. 100 de l'apport énergétique de la ration. Au Congo-Brazzaville, selon BASCOULERGUE et BERGOT (3), 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 de 24 à 88 p. 100 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 (15, 19, 36).

Le manioc est également le principal aliment de base pour de nombreuses autres populations africaines notamment en Nigeria (21), au Congo-Kinshasa et à Madagascar (14).

Le but du présent travail est de mieux connaître les transformations technologiques traditionnelles du manioc au Cameroun et leur influence sur la

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

valeur nutritive des produits qui en dérivent. Par ailleurs, 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. (16), PERISSE et coll. (26) ainsi que PLATT (27) 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.

TABLEAU I

Consommation journalière de manioc per capita

	Manioc racine (g)	Pain de manioc (g) (*)	Gari (g)	Apport calorique (en p. 100 de la ration)
<i>Congo-Brazzaville</i> (3)				
Zone forestière (Nord)..	60	40	—	6
Zone forestière (Sud)..	100	800	—	54
Zone de savane.....	100	700	—	61
Zone côtière.....	310	330	—	46
<i>Sud-Togo</i> (24)				
Ethnie Ewée.....	396	—	12	30
Ethnie Ouatchi.....	26	—	286	50
<i>Cameroun</i> (15, 19, 36) (**)				
Zone forestière cacao- yère.....	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
<i>Madagascar</i> (14)....	248	—	—	13

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

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

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. Éventuellement, 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.

II

MATÉRIEL D'ÉTUDE ET TECHNIQUES D'ANALYSE

A. 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 (8, 9) et de ROGERS (28), qu'une seule espèce, *Manihot esculenta* crantz.

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 (7).

Manihot esculenta est une plante arbustive pluriannuelle pouvant atteindre, en culture, deux à trois mètres de hauteur et même quatre ou cinq mètres si on ne la récolte pas. 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 tubérisées, 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. 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.

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.

B. Composition chimique et valeur nutritive

Le tableau II présente les 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 (4) et BUSSON (5), une partie seulement de l'azote est sous forme protidique et les acides aminés sont très mal équilibrés, 25 p. 100 d'entre eux seulement étant essentiels. Cette indigence du manioc, aussi bien quantitative que qualitative, accentue le déséquilibre des régimes alimentaires 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 (34) 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 répercussions notables sur sa composition.

Nous donnons aussi la composition des feuilles telle qu'elle a été établie par J. PELE et S. LE BERRE (23) 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 (19). 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 BERCHERET 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 (6).

TABLEAU II

Composition chimique du manioc

(pour 100 g de parties comestible)

	Racine	Ecorce	Feuilles *
Nombres d'échantillons analysés	5	4	—
Calories	165 (158-180)	114 (114-117)	59
Humidité (g)	58,3 (54,4-62,7)	70,2 (69,6-71,7)	83,8
Protides (g)	0,63 (0,46-0,84)	2,54 (2,10-3,48)	7,4
Lipides (g)	0,2 (0,1-0,3)	0,3 (0,2-0,3)	1,3
Glucides totaux (g)	40,1 (38,5-44,1)	26,1 (25,3-27,0)	6,2
Indigestible glucidique (g)	0,8 (0,8-0,8)	2,4 (2,0-2,9)	—
Cendres (g)	0,7 (0,6-0,9)	0,9 (0,6-1,4)	1,3
Calcium (mg)	17 (16-21)	67 (55-82)	260
Phosphore (mg)	51 (30-97)	23 (13-31)	74
Ca/P	0,34 (0,17-0,60)	2,91 (1,99-5,48)	3,5
Fer	0,6 (0,2-0,8)	5,8 (1,8-14,0)	2
Thiamine (mg)	0,04 (0,03-0,05)	0,22 (0,19-0,28)	—
Riboflavine (mg)	0,02 (0,02-0,03)	0,04 (0,04-0,04)	—
Niacine (mg)	0,67 (0,54-0,81)	1,0 (0,89-1,09)	—
Acide ascorbique (mg)	25 (21-28)	20 (16-25)	242

(*) D'après J. PELE et S. LE BERRE, référence bibliographique (23).

C. Techniques d'analyse

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 (17) 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 (31)].

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

Vitamines du groupe B : dosages microbiologiques selon les techniques de :

— DEIBEL, EVANS et NIVEN pour la thiamine (11);

— SNELL et STRONG pour la riboflavine (29);

— SNELL et WRIGHT pour la niacine (30).

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 (35) :

— 2,78 pour les protides — 8,37 pour les lipides;

— 4,03 pour les glucides totaux par différence.

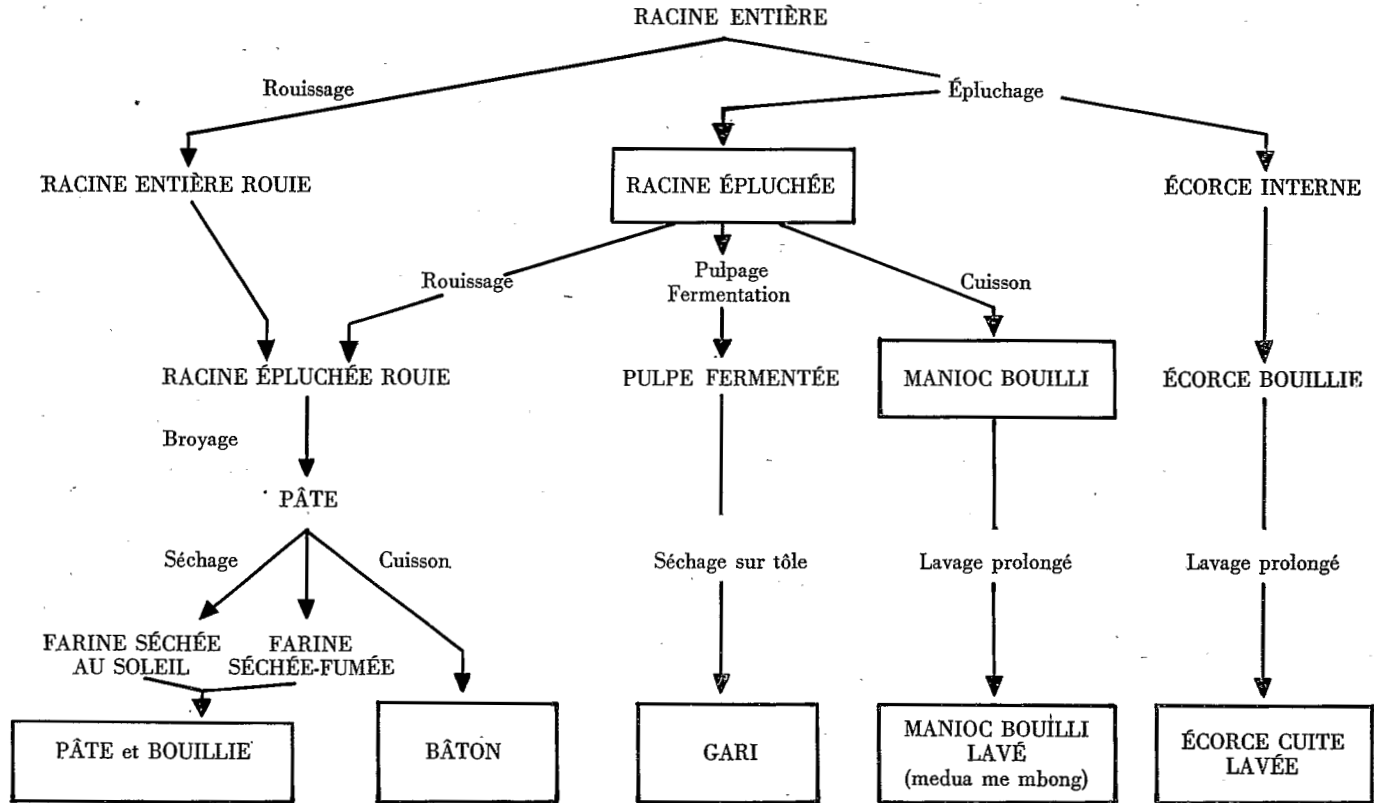
III

RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX

Les préparations du manioc sont nombreuses et variées (fig. 1). Les plus complexes ont pour but de supprimer son amertume et sa toxicité par élimination des manihotoxosides. Elles mettent en œuvre 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.

FIG. 1. — Technologie traditionnelle de la racine de manioc (les formes directement consommables sont encadrées)



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 Nigeria, au Togo, et au Dahomey.

Nous allons décrire plus en détail les opérations que ces modes de préparation requièrent et étudier leur influences sur la valeur nutritive.

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

— tableaux III-III *bis*, rouissage avec écorce, préparation de farine séchée au soleil;

— tableaux IV-IV *bis*, rouissage sans écorce, préparation de farine séchée au soleil;

— tableaux V-V *bis*, rouissage sans écorce, préparation de farine fumée-séchée et de bâton;

— tableaux VI-VI *bis*, rouissage sans écorce, préparation de bâton;

— tableaux VII-VII *bis*, préparation de *gari*.

TABLEAU III

Rouissage avec écorce et préparation de farine séchée au soleil

	Matière sèche		Calories		Protides		Lipides		Glucides totaux		Indigestible glucidique		Cendres	
	g	Perte (*) p. 100		Perte (*) p. 100	g	Perte (*) p. 100	g	Perte (*) p. 100	g	Perte (*) p. 100	g	Perte (*) p. 100	g	Perte (*) p. 100
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 g).....	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.

TABLEAU III bis. — Rouissage avec écorce et préparation de farine séchée au soleil
(vitamines et éléments minéraux)

	Thiamine		Riboflavine		Niacine		Acide ascorbique	
	mg	Perte (*)	mg	Perte (*)	mg	Perte (*)	mg	Perte (*)
		p. 100		p. 100		p. 100		p. 100
Racine entière (9 000 g) correspondant à racine émondée (8 433 g)	5,15	0	2,92	0	67,9	0	2 917	0
Racine rouie puis épluchée (6 404 g)	2,59	— 50	2,81	— 4	39,3	— 42	487	— 83
Farine séchée au soleil tamisée (3 060 g)	2,12	— 59	1,76	— 40	33,1	— 51	traces	— 100

	Calcium		Phosphore		Ca/P	Fer	
	mg	Perte (*)	mg	Perte (*)		mg	Perte ou gain (*)
		p. 100		p. 100			p. 100
Racine entière (9 000 g) correspondant à racine émondée (8 433 g)	2 103	0	2 822	0	0,74	72,0	0
Racine rouie puis épluchée (6 404 g)	1 140	— 46	1 756	— 38	0,65	53,7	— 25
Farine séchée au soleil tamisée (3 060 g)	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.

TABLEAU IV

Rouissage sans écorce et préparation de farine séchée au soleil

	Matière sèche		Calories		Protides		Lipides		Glucides totaux		Indigestible glucidique		Cendres	
	g	Perte (*) p. 100		Perte (*) p. 100	g	Perte (*) p. 100	g	Perte (*) p. 100	g	Perte (*) p. 100	g	Perte (*) p. 100	g	Perte (*) p. 100
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
Écorce 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	— 79
Farine séchée au au soleil puis ta- misée (2 888 g)..	2 519	— 38	10 100	— 37	21,37	— 78	4,9	— 67	2 479	— 56	35	— 65	13,86	— 76

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

TABLEAU IV bis. — Rouissage sans écorce et préparation de farine séchée au soleil (vitamines et minéraux)

	Thiamine		Riboflavine		Niacine		Acide ascorbique	
	mg	Perte (*)	mg	Perte (*)	mg	Perte (*)	mg	Perte (*)
		p. 100		p. 100		p. 100		p. 100
Racine mondée (9 217 g).....	5,70	0	3,23	0	75,6	0	3 226	0
Écorce interne (1 369 g).....	-		0,67		15,1		223	
Racine épluchée (7 853 g).....	3,78	- 34	1,88	- 42	58,1	- 23	2 207	- 32
Racine épluchée rouie (6 820 g).....	1,83	- 68	1,64	- 49	20,5	- 73	-	-
Pâte (6 587 g).....	1,71	- 70	1,52	- 53	17,1	- 77	171	- 95
Farine séchée au soleil puis tamisée (2 888 g).....	1,08	- 81	0,74	- 77	11,1	- 85	traces	-

	Calcium		Phosphore		Ca/P	Fer	
	mg	Perte (*)	mg	Perte (*)		mg	Perte (*)
		p. 100		p. 100			p. 100
Racine mondée (9 217 g).....	2 325	0	3 121	0	0,74	79,6	0
Écorce interne (1 369 g).....	753		-		-	37,5	
Racine épluchée (7 853 g).....	1 421	- 39	2 369	- 24	0,60	59,7	- 25
Racine épluchée rouie (6 820 g).....	906	- 61	1 018	- 67	0,89	52,6	- 34
Pâte (6 587 g).....	841	- 64	891	- 71	0,98	50,6	- 36
Farine séchée au soleil puis tamisée (2 888 g).....	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.

TABLEAU V. — Préparation de bâton de manioc et de farine fumée

	Matière sèche		Calories		Protides		Lipides		Glucides totaux		Indigestible glucidique		Cendres	
	g	Perte (*)		Perte (*)	g	Perte (*)	g	Perte (*)	g	Perte (*)	g	Perte (*)	g	Perte (*)
		p. 100		p. 100		p. 100		p. 100		p. 100		p. 100		p. 100
Racine mondée (6 678 g).....	2 862	0	1 200	0	58,77	0	6,1	0	2 725	0	78	0	71,05	0
Écorce 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] (**).	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] (**).	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.

TABLEAU V bis. — Préparation de bâton de manioc et de farine fumée
(vitamines et éléments minéraux)

	Thiamine		Riboflavine		Niacine		Acide ascorbique	
	mg	Perte (*)	mg	Perte (*)	mg	Perte (*)	mg	Perte (*)
		p. 100		p. 100		p. 100		p. 100
Racine mondée (6 678 g).....	5,88	— 0	2,14	0	47,6	0	2 283	0
Écorce interne (1 382 g).....	2,79		0,55		12,3		340	
Racine épluchée (5 296 g).....	2,41	— 59	1,16	— 46	28,8	— 39	1 480	— 35
Racine épluchée rouie (5 355 g).....	1,66	— 72	2,46	+ 15	16,5	— 65	353	— 84
Pâte (4 013 g).....	1,08	— 82	1,89	— 12	11,8	— 75	140	— 94
Bâton frais (**) (3 881 g).....	0,85	— 85	1,78	— 17	11,9	— 73	147	— 94
Bâton de 7 jours (3 707 g).....	0,80	— 86	1,80	— 16	10,8	— 77	traces	— 100
Farine fumée (**) 15 jours (2 021 g).....	0,70	— 88	0,95	— 56	7,6	— 84	traces	— 100
Farine fumée 1 mois (1 782 g).....	0,44	— 92	0,80	— 63	7,8	— 84	0	— 100

(*) 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.

TABLEAU V bis (suite)

Préparation de bâton de manioc et de farine fumée

(Vitamines et éléments minéraux)

	Calcium		Phosphore		Ca/P	Fer	
	mg	Perte (*)	mg	Perte (*)		mg	Perte ou gain (*)
		p. 100		p. 100			p. 100
Racine mondée (6 678 g).....	1 536	0	4 436	0	0,35	178,3	0
Écorce interne (1 382 g).....	-		-		-	24,6	
Racine épluchée (5 296 g).....	1 096	- 29	3 302	- 26	0,33	44,9	- 75
Racine épluchée rouie (5 355 g).....	821	- 47	2 015	- 55	0,41	-	-
Pâte (4 013 g).....	631	- 59	1 411	- 68	0,45	-	-
Bâton frais (**) [3 881 g].....	525	- 66	1 233	- 72	0,43	-	-
Bâton de 7 jours (3 707 g).....	534	- 65	1 372	- 69	0,39	-	-
Farine fumée (**) 15 jours (2 021 g).....	518	- 66	940	- 79	0,55	13,7	- 92
Farine fumée 1 mois (1 782 g).....	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.

TABLEAU VI

Rouissage sans écorce et préparation de bâton de manioc

	Matière sèche		Calories		Protides		Lipides		Glucides totaux		Indigestible glucidique		Cendres	
	g	Perte (*)		Perte (*)	g	Perte (*)	g	Perte (*)	g	Perte (*)	g	Perte (*)	g	Perte (*)
		p. 100		p. 100		p. 100		p. 100		p. 100		p. 100		p. 100
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
Écorce 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.

TABLEAU VI bis

Rouissage sans écorce et préparation de bâton de manioc

(Vitamines et éléments minéraux)

	Thiamine		Riboflavine		Niacine		Calcium		Phosphore		Ca/P	Fer	
	mg	Perte (*) p. 100	mg	Perte (*) p. 100	mg	Perte (*) p. 100	mg	Perte (*) p. 100	mg	Perte (*) p. 100		mg	Perte (*) p. 100
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 VII

Préparation de gari

	Matière sèche		Calories		Protides		Lipides		Glucides totaux		Indigestible glucidique		Cendres	
	g	Perte (*) p. 100		Perte (*) p. 100	g	Perte (*) p. 100	g	Perte (*) p. 100	g	Perte (*) p. 100	g	Perte (*) p. 100	g	Perte (*) p. 100
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

(*) Pourcentage de perte (—) ou de gain (+) par rapport au contenu de la racine entière.
(**) Gain en lipides par apport d'huile de palme lors du grillage sur tôle.

TABLEAU VII bis. — Préparation de gari
(Vitamines et minéraux)

	Thiamine		Riboflavine		Niacine		Acide ascorbique	
	mg	Perte p. 100	mg	Perte p. 100	mg	Perte p. 100	mg	Perte p. 100
Racine entière (48 025 g).....	33,4	0	15,6	0	339,6	0	14 745	0
Pulpe (35 635 g).....	14,8	— 56	8,4	— 46	236,1	— 30	7 599	— 48
Pulpe fermentée (27 813 g).....	10,3	— 69	7,7	— 51	151,9	— 55	1 854	— 87
Gari (18 175 g).....	8,5	— 75	6,4	— 59	151,8	— 55	884	— 94

	Calcium		Phosphore		Ca/P	Fer	
	mg	Perte p. 100	mg	Perte p. 100		mg	Perte p. 100
Racine entière (48 025 g).....	12 102	0	21 840	0	0,55	1 631	0
Pulpe (35 635 g).....	6 217	— 49	12 214	— 44	0,51	—	—
Pulpe fermentée (27 813 g).....	4 814	— 60	8 672	— 60	0,61	324	— 80
Gari (18 175 g).....	4 668	— 61	8 602	— 61	0,54	746 (*)	— 54

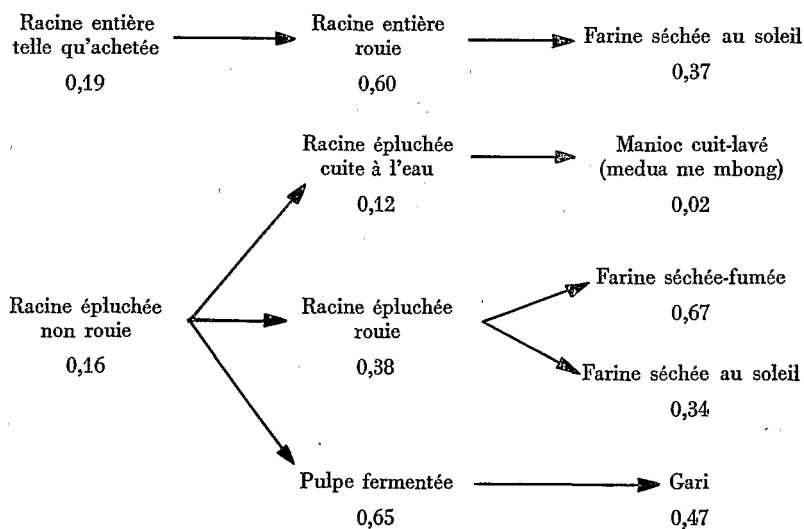
(*) Gain en fer cédé par la tôle chauffante au moment du grillage.

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 2, il s'avère que la plupart des dérivés du manioc sont plus ou moins fermentés et qu'ils ont une acidité nettement supérieure à celle de la racine dont ils sont issus.

FIG. 2

Évolution de l'acidité au cours des transformations technologiques

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



A. Épluchage

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 :

- racine épluchée..... 75 à 80 p.100 moyenne = 77,2 p.100;
- écorce interne..... 14 à 19 p.100 moyenne = 16,2 p.100;
- déchets totaux..... 20 à 25 p.100 moyenne = 22,8 p.100.

Le tableau VIII 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 p. 100 des calories. Mais les pertes de protides, calcium, thiamine et riboflavine sont importantes, avoisinant 50 p. 100. L'élimination de 86 p. 100 du fer s'explique aisément lorsqu'on sait que l'écorce externe est fréquemment souillée de terre ferrugineuse.

TABLEAU VIII. — *Bilan nutritionnel de l'épluchage du manioc*
(Moyenne de quatre expérimentations)

	Racine entière	Racine épluchée		Ecorce cuite, rouie	
			Pourcentage de perte (par rapport à la racine entière)		Pourcentage de récupération (par rapport à la racine entière)
Poids frais (g).....	100	77,2	23	16,5	16
Poids sec (g).....	40,0	32,2	20	3,5	9
Calories.....	157	127	19	13,7	9
Protides (g).....	1,02	0,48	53	0,07	7
Lipides (g).....	0,12	0,09	25	0,02	17
Glucides totaux (g).	37,9	31,0	18	3,3	9
Insoluble formique (g).....	1,34	0,61	54	0,38	28
Cendres (g).....	0,90	0,57	37	0,06	7
Calcium (mg).....	26,2	13,5	48	14	53
Phosphore (mg)...	47,3	39,4	17	1,6	3
Ca/P.....	0,55	0,34	-	16,1	-
Fer (mg).....	3,5	0,5	86	0,5	14
Thiamine (μg).....	72	31	57	2	3
Riboflavine (μg)...	34	18	47	0,7	2
Niacine (μg).....	735	519	29	0,6	0
Acide ascorbique (mg).....	33	20	38	traces	0

TABLEAU IX

Bilan nutritionnel de la préparation de l'écorce 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).....	2,54	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
Cendres (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 (µg).....	221	2	— 99
Riboflavine (µg).....	43	5	— 88
Niacine (µg).....	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.

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 suivant : 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 IX présente le bilan nutritionnel de ce traitement. L'indigestible glucidique, insoluble, n'est évidemment pas diminué. La quantité de calcium est augmentée de 29 p. 100, probablement par fixation du calcaire de l'eau. La fuite de tous les autres nutriments est considérable, sauf celle des glucides dont 20 p. 100 seulement sont perdus : les vitamines sont quasi-entièrement éliminées, 85 p. 100 des protides disparaissent, ainsi que 70 p. 100 environ du phosphore et des cendres et 57 p. 100 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 (tabl. XXI). Les deux dernières colonnes du tableau VIII indiquent, en quantités absolues et en pourcentages, ce que la consommation d'écorce cuite rouie permet de récupérer à partir de 100 g de racine entière. Pour retrouver 50 p. 100 des calories, 13 p. 100 des protides et la totalité du calcium qui allaient être éliminés, les consommateurs d'écorce s'encombrent de plus de la moitié des éléments cellulosiques des déchets d'épuchage.

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'épuchage est rejetée.

B. Rouissage

Pour éliminer les manihotoxosides et ramollir les racines afin d'en faciliter ultérieurement le défilage 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, rapportée à la substance sèche, est multipliée par trois environ (fig. 2).

ADRIAENS et HESTERMANS-MEDARD (2) ont montré que cette opération avait l'avantage de réduire considérablement la teneur en acide cyanhydrique. De plus, selon EKPECHI (12), le manioc non fermenté pourrait être goitrigène car les zones de Nigeria 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 goitre. 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 épuchées.

Généralement, dans les zones rurales, les racines entières sont mises à tremper dans une eau stagnante. 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 leur écorce qu'elles ont séjourné dans l'eau.

Le tableau X 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.

TABLEAU X

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

Comme il était prévisible, il apparaît 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 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 p. 100, 52 p. 100 et 1 p. 100 dans le cas du rouissage sans écorce;
- 113 p. 100 et 80 p. 100 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 p. 100 et + 85 p. 100 (tabl. X). 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.

C. Broyage

Dans la moitié sud du Cameroun, la ménagère utilise une meule dormante pour réduire le manioc en pâte. Il s'agit d'une lourde pierre plate, de forme variée et de dimensions au moins égales à 25 × 40 cm, accompagnée d'une molette, pierre cylindrique d'environ 2 à 3 kg. 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 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 enregistrées 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 par différence	— 17	Riboflavine	— 15
Indigestible glucidique.....	— 20	Niacine	— 22
Cendres	— 33	Vitamine C.....	— 60 à — 100

Malgré une perte considérable de matières minérales, on note un enrichissement en fer, très probablement dû à l'usure de la meule. Nous ne nous expliquons pas, par contre, l'importance de la perte en matières minérales (33 p. 100), 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 p. 100, 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.

D. Farines de manioc

1. Préparation par 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 1 à 2 kg, 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 *foufou*, — c'est ainsi qu'on les appelle dans la plupart des ethnies du Cameroun et d'Afrique tropicale — pèsent alors 300 g à 1 kg. On les trouve sur les marchés soit encore emballées dans leurs feuilles, soit dénudées.

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 p. 100 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 XI) :

- 13 p. 100 pour la matière sèche, les glucides totaux, les calories;
- 7 à 9 p. 100 pour l'indigestible glucidique;
- 20 à 30 p. 100 pour les sels minéraux, les protides, les lipides;
- plus de 30 p. 100 pour les vitamines.

Elles sont d'autant plus élevées pour les substances hydrosolubles 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 p. 100 pour le phosphore, 24 à 32 p. 100 pour le fer, 49 à 59 p. 100 pour la thiamine, 41 à 45 p. 100 pour la riboflavine, et 28 à 33 p. 100 pour la niacine. Le peu d'acide ascorbique qui restait encore dans la pâte disparaît complètement de la farine. À 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.

2. Préparation par 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.

TABLEAU XI

Comparaison des divers modes de séchage de la farine de manioc

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

Mode de séchage	Séchage - Fumage		Séchage mixte Soleil-Local aéré
	15 jours	30 jours	
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.

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. 600 tonnes de farine sont ainsi traitées chaque année et acheminées 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 p. 100 de perte en moyenne (tableau XI). Les pertes en thiamine et niacine sont respectivement de 29 p. 100 et 15 p. 100 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 p. 100 seulement et apporte un supplément de fer de 53 p. 100. Le calcium et le phosphore ne sont pas au nombre des éléments minéraux amenés par les poussières puisqu'il en manque 11 à 12 p. 100 à l'issue du séchage et du tamisage.

Cette dernière opération permet d'enlever encore 23 p. 100 de l'indigestible glucidique de la pâte alors qu'on ne perd que 10 p. 100 des calories et 11 p. 100 des protides. La disparition de plus du tiers des lipides, difficilement explicable, ne retiendra pas notre attention en raison des quantités minimales 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 (36) 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 XII, XIII, XIV).

3. Comparaison des farines de manioc et de leurs modes de préparation.

Le tableau XII 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 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 *vouvou* qui sont ensuite éliminées. De plus, la préparation de farine fumée entraîne des pertes de matières sèches avoisinant 50 p. 100 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 p. 100.

TABLEAU XII. — Composition des farines de manioc

(Pour 100 g de matière sèche)

	Séchage - Fumage			Séchage au soleil	Séchage - mixte Local aéré - Soleil	
	Rouissage sans écorce		Rouissage avec écorce		Rouissage avec écorce	Rouissage avec écorce
	Séchage de 15 jours	Séchage de 30 jours		(1)		
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 (µg).....	37	29	60	69	82	45
Riboflavine (µg).....	58	51	103	29	68	38
Niacine (µg).....	568	527	793	1 273	1 280	713
Acide ascorbique (mg).....	0	0	0	0	0	0

1 562061 5

2

TABLEAU XIII

Apport nutritionnel de la farine de manioc préparée à partir de 100 g de racine entière

	Séchage - Fumage			Séchage au soleil	Séchage - Mixte Soleil - Ombre	
	Rouissage sans écorce		Rouissage avec écorce		Rouissage avec écorce	Rouissage avec écorce
	Stockage 15 jours	Stockage 30 jours		(3)		
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

TABLEAU XIV. — *Comparaison des divers procédés de préparation de farine de manioc*

Pourcentage de récupération (par rapport à la racine entière)

Mode de préparation	Racine entière	Séchage - Fumage			Séchage au soleil	Séchage - Mixte Soleil - Ombre	
		Rouissage sans écorce		Rouissage avec écorce	Rouissage avec écorce	Rouissage avec écorce	Rouissage sans écorce
		Stockage 15 jours	Stockage 30 jours				
Nombre d'échantillons	(3)	(3)	(3)	(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'exposition, le vent, etc.

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 déficitaires 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.

4. Utilisation de la farine de manioc.

La farine de manioc n'est consommée que sous deux formes : pâte ou bouillie (respectivement *vouvou* 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 μg 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

E. 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. Ils sont alors disposés dans une marmite tapissée intérieurement de feuilles de bananier et cuits soit à l'eau, soit à l'étuvée, pendant 1 à 2 heures.

Ils sont consommés chauds ou froids. Leur principal avantage est de pouvoir être conservés de 4 à 7 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 identique 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 p. 100 de l'acide ascorbique (tableau XV).

L'augmentation de 7 p. 100 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 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 (1).

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.

TABLEAU XV

Influence de la cuisson et du stockage sur la composition du bâton de manioc

(Pour 100 g de matière sèche)

Nombre d'échantillons.....	Pâte	Bâton frais		Bâton de 7 jours	
	(3)	(3)		(3)	
			Pourcentage de différence avec la pâte		Pourcentage de différence avec la pâte
Matière sèche (g)...	100	100	0	100	0
Calories.....	399	399	0	399	0
Protides (g).....	0,84	0,85	+ 1	0,84	0
Lipides (g).....	0,3	0,1	— 67	0,1	— 67
Glucides totaux (g)	97,9	98,1	0	98,0	0
Indigestible glucidique (g).....	1,68	1,72	+ 2	1,69	+ 1
Cendres (g).....	0,95	0,98	+ 3	1,03	+ 8
Calcium (mg).....	35,9	33,8	— 6	30,3	— 16
Phosphore (mg)...	58,1	61,6	+ 6	58,7	+ 1
Ca/P.....	0,62	0,55	—	0,51	—
Fer (mg).....	12,9	14,6	+ 13	16,5	+ 28
Thiamine (μg).....	62	46	— 26	41	— 34
Riboflavine (μg)...	95	95	0	82	— 14
Niacine (μg).....	705	756	+ 7	716	+ 2
Acide ascorbique (mg).....	9,0	5,7	— 37	0,5	— 94

Les teneurs en fer et phosphore s'accroissent de 13 p. 100 et 6 p. 100 respectivement au cours de la cuisson, celle du calcium diminue.

La conservation du bâton durant 7 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 p. 100 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 XVI présente le bilan nutritionnel de la préparation du bâton à partir de 100 g de manioc entier,

TABLEAU XVI

Bilan nutritionnel de la préparation de bâton

(A partir de 100 g de racine entière)

	Manioc entier		Bâton frais (partie comestible)		Bâton de 7 jours (partie comestible)	
		Pourcentage de récupération		Pourcentage de récupération		Pourcentage de récupération
Poids (g).....	100	100	49,2	49	46,7	47
Matière sèche (g).....	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

F. 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. (25), au Dahomey et en Côte-d'Ivoire par VIGNOLI et CRISTAU (33) et en Nigéria où il serait la principale denrée alimentaire, par OKE (22).

Au Cameroun, où certains le dénomment improprement tapioca*, les Bamilékés 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 de grosses pointes. La pulpe, enfermée dans des sacs, est comprimée pendant 3 à 6 jours entre des planches pour en exprimer le suc. 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 feux 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 (33) 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.

La fermentation est par ailleurs responsable du goût acidulé et de la saveur particulière de ce produit. Selon COLLARD et LEVI (10), 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 48 pre-

(*) 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.

mières 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.

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 p. 100 respectivement, soit en moyenne 38,5 p. 100 par rapport à la racine entière telle qu'achetée (tableaux VII et VII 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 VIII avec les tableaux VII et VII 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 XVII) :

- 2 à 3 p. 100 seulement de la matière sèche, des glucides et des calories sont éliminés contre 5 p. 100 de l'indigestible glucidique;
- 23 à 29 p. 100 des sels minéraux sont entraînés par égouttage;
- 36 p. 100 de l'azote disparaît;
- les pertes de thiamine, niacine et acide ascorbique sont de 30, 36 et 76 p. 100 respectivement alors que 8 p. 100 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.

TABLEAU XVII. — Influence de chaque phase de préparation du gari

[Pourcentage de perte (—) ou de gain (+)]

	Egouttage, fermentation et tamisage	Grillage et tamisage	Cuisson à l'eau
Poids frais.....	— 22	— 35	+ 300
Poids sec.....	— 3	— 2	0
Calories.....	— 3	— 1	—
Protides.....	— 36	— 3	—
Lipides.....	— 38	+ 203 (*)	—
Glucides totaux.....	— 2	— 2	—
Indigestible glucidique.....	— 5	— 1	—
Cendres.....	— 23	— 8	—
Calcium.....	— 23	— 3	—
Phosphore.....	— 29	— 1	—
Fer.....	—	+ 130 (*)	—
Thiamine.....	— 30	— 17	— 64
Riboflavine.....	— 8	— 17	0
Niacine.....	— 36	0	+ 2
Acide ascorbique.....	— 76	— 52	—

(*) Gains par apport extérieur (voir ci-dessous).

La déshydratation par grillage et le dernier tamisage font disparaître 52 p. 100 de l'acide ascorbique restant dans la pulpe fermentée, 17 p. 100 des vitamines B₁ et B₂ et 8 p. 100 des sels minéraux totaux. On note que le contact de la pulpe avec la tôle chauffante et l'huile qui l'enduit provoque une augmentation du fer de 130 p. 100 et des lipides de 203 p. 100. Les autres nutriments ne sont pratiquement pas touchés au cours de cette dernière phase de la préparation.

Si le gari est cuit à l'eau, on récupère dans la pâte 36 p. 100 de la thiamine et on dose 2 p. 100 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.

G. 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 30 mn à 1 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 1 à 2 cm de côté et mis à tremper durant 12 à 36 heures dans l'eau courante. On obtient ainsi ce que les Ewondos appellent le *medua-me-mbong*. Ce lavage prolongé, facilitatif 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 XVIII et XVIII *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, 3 à 8 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 p. 100 de protides, lipides et sels minéraux et des quantités infimes de vitamines (tableau XXI).

La racine simplement cuite à l'eau est moins dépréciée; elle contient 1,5 p. 100 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.

TABLEAU XVIII. — Cuisson à l'eau et préparation de medua-me-mbong

	Matière sèche	Calories	Protides	Lipides	Glucides totaux	Indigestible glucidique	Cendres
	g		g	g	g		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

TABLEAU XVIII bis. — Cuisson à l'eau et préparation de medua-me-mbong (Vitamines et éléments minéraux)

	Thiamine	Riboflavine	Niacine	Ac. ascorbique (*)	Calcium	Phosphore	Ca/P	Fer
	mg	mg	mg	mg	mg	mg		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). Pourcentage de perte (—) ou de gain (+) par cuisson.....	0,83	0,86	20,5	75	454	2 436	0,19	18,7
	— 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 (18).

TABLEAU XIX

Apport nutritionnel après transformation de 100 g de racine entière

	Racine entière	Racine épluchée crue	Racine cuite à l'eau	Bâton	Gari	Farines		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	16,6
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	16,3
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).....	725	519	406	164	335	110 à 180	166 à 369	27
Acide ascorbique (mg).	33	20	1	1	2	0	0	0

(*) Apport extérieur.

TABLEAU XX

Rendements nutritionnels des transformations du manioc

	Racine entière	Racine épluchée crue	Racine cuite à l'eau	Bâton	Gar	Farines		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.

IV

DISCUSSION DES RÉSULTATS

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

A. Matières 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 p. 100), de farines fumées-séchées (46 à 48 p. 100) et plus généralement des produits obtenus à partir de manioc épluché avant d'être roui (35 à 48 p. 100). La préparation de *gari* (24-26 p. 100), de farine séchée au soleil après rouissage avec écorce (26-28 p. 100) ou simplement de manioc épluché cru ou cuit à l'eau (19 et 30 p. 100 respectivement) sont les recettes qui permettent les pertes les moins élevées en matière sèche totale, glucides et calories.

B. 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 p. 100). Viennent ensuite, par ordre de rendements décroissants, la racine cuite à l'eau (41 p. 100), le *gari* (36 p. 100), les farines séchées au soleil ou à la fumée (25 à 29 p. 100), les produits rouis sans écorce (16 à 22 p. 100) et le *medua-me-mbong* (13 p. 100).

C. 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 que 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 du *medua-me-mbong*, des farines séchées-fumées et des produits obtenus après rouissage sans écorce.

D. 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 (18) 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;
- manioc cuit à l'eau;
- produits rouis avec écorce;
- produits rouis sans écorce;
- farines séchées-fumées;
- *medua-me-mbong*.

On ne retrouve dans ce dernier plus que 3 à 4 p. 100 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 p. 100. 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 XXI et XXI *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.

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 (tabl. XXI). 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.

TABLEAU XXI

Composition des dérivés du manioc tels que consommés

(Pour 100 g 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 glucidique (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).....	1 611	1 450	756	1 128	1 151	574 à 777	864 à 1 395	161	17
Acide ascorbique (mg).....	61	4	6	6	-	0	0	-	-

TABLEAU XXI bis. — Composition des dérivés du manioc

(Pour 100 g de partie comestible)

	Racine épluchée crue	Racine cuite à l'eau	Racine ² cuite à l'eau et lavée (medua-me- mbong)	Écorce cuite lavée	Bâton	Gari	Farines fumées-séchées			Farines séchées		
							Rouissage sans écorce		Rouissage avec écorce	Au soleil	À l'ombre	
							Séchage 15 jours	Séchage 30 jours		Rouissage avec écorce	Rouissage avec écorce	Rouissage sans écorce
							3	3	1	2	1	2
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 (p. 100)....	57,6	67,7	71,5	78,6	56,0	22,8	21,3	15,9	24,8	13,0	12,8	13,4
Protides (g)	0,64	0,48	0,24	0,42	0,38	0,97	0,60	0,63	1,06	0,80	0,93	0,75
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
Glucides 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
Indigestible 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
Cendres (g)	0,75	0,52	0,10	0,37	0,43	0,87	0,58	0,65	0,85	1,52	1,62	0,64
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
Ca/P	0,34	0,38	1,56	8,6	0,55	0,54	0,61	0,70	0,71	0,71	0,71	0,76
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 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.

On peut se demander si les différences de composition chimique qui existent entre les divers dérivés du manioc et qui portent sur des teneurs 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 p. 100 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 XXIII, 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 p. 100 seulement du besoin énergétique.

En ce qui concerne les protides et la riboflavine, principes nutritifs fréquemment déficients 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 p. 100 de l'apport calorique, le manioc fournira 4 g ou 14 g de protides, couvrant 7 ou 23 p. 100 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 p. 100 du besoin en riboflavine selon qu'il sera sous forme de

TABLEAU XXII

Comparaison de la valeur nutritive des dérivés du manioc tels que consommés

(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 glucidique.....	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 2 733	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
Acide ascorbique.....	100	6	10	10	—	0	0	—	—

Apport nutritionnel d'une ration de manioc couvrant.

	Besoin nutritionnel de l'homme adulte actif	Racine crue		Racine cuite à l'eau		Gari	
			Pourcentage de couverture du besoin		Pourcentage de couverture du besoin		Pourcentage de couverture du besoin
Poids (g de mat. sèche).....	—	527	—	528	—	520	—
Calories.....	2 600	2 080	80	2 080	80	2 080	80
Protéines (g).....	60	8,0	13	7,9	13	6,5	11
Calcium (mg).....	500	221	44	222	44	172	34
Fer (mg).....	1,2	10,5	878	10,6	883	26,0	2 167
Thiamine (µg).....	1 040	506	49	375	36	312	30
Riboflavine (µg).....	1 400	300	21	301	21	255	18
Niacine (mg).....	17	8,5	50	7,7	45	5,9	34
Ac. ascorb. (mg).....	75	321	428	21	28	31	41

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 p. 100 des calories de la ration et couvrir le besoin en acide ascorbique à plus de 400 p. 100, il est remarquable que le bâton frais ou le gari consommé sans cuisson supplémentaire peuvent satisfaire jusqu'à 40 p. 100 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 rouis-

XIII

p. 100 du besoin calorique quotidien de l'homme adulte actif.

Farine séchée sous abri (rouissage avec écorce)		Farine séchée au soleil (rouissage avec écorce)		Farine fumée (rouissage sans écorce)		Bâton (rouissage sans écorce)		Racine cuite lavée (medua-me-mbong)	
	Pourcentage de couverture du besoin		Pourcentage de couverture du besoin		Pourcentage de couverture du besoin		Pourcentage de couverture du besoin		Pourcentage de couverture du besoin
525	—	525	—	520	—	521	—	533	—
2 080	80	2 080	80	2 080	80	2 080	80	2 080	80
14,0	23	4,8	8,0	4,0	7	4,4	7	4,4	7
200	40	272	54	155	31	177	35	325	65
16,3	1 358	216,3	18 025	6,2	516	78,1	6 510	5,3	444
420	40	351	34	187	18	240	23	75	7
339	24	145	10	286	20	495	35	160	11
7,3	42	7,3	42	3,2	19	3,9	23	0,9	5
0	0	0	0	0	0	30	40	0	0

sage sans écorce n'assure même pas 20 p. 100 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 p. 100 de ces besoins. Le *medua-me-mbong* dans les mêmes conditions n'apporte que 5 à 7 p. 100 des vitamines B₁ et PP nécessaires. Mais il fournit par contre 65 p. 100 du calcium quotidiennement souhaitable et la farine séchée au soleil 54 p. 100 quand la farine fumée après rouissage sans écorce n'en procure que 31 p. 100.

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 préconiser 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 châteaux 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.

E. Influence des transformations technologiques sur la digestibilité

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 PÉRISSE, ADRIAN et JACQUOT (25) 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.
	p. 100		
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 (tabl. XXIV). 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 (13) 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), [graph. 1].

TABLEAU XXIV

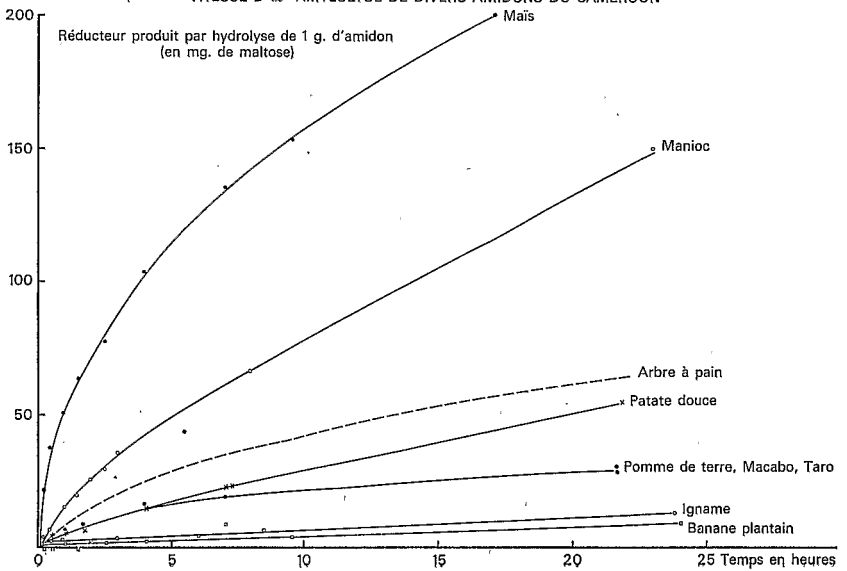
Indigestible glucidique des dérivés du manioc

(En g pour 100 g de matière sèche)

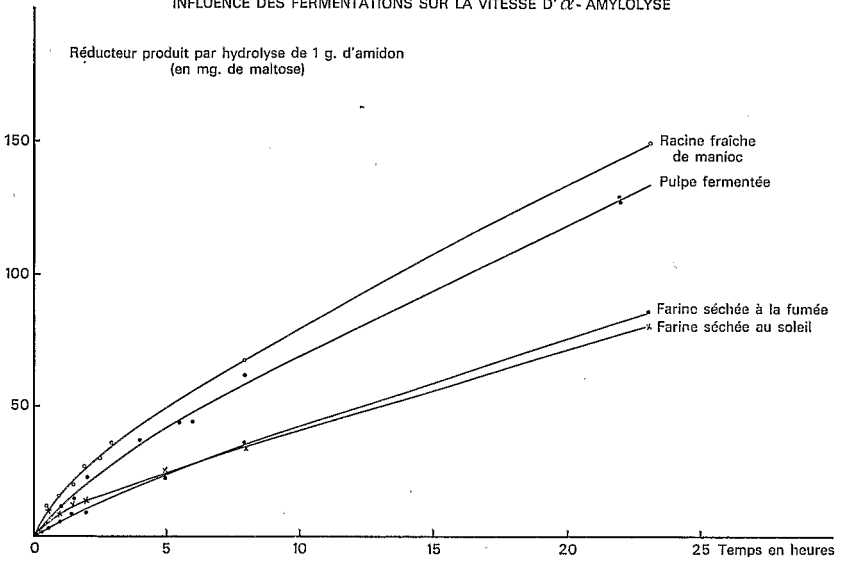
	Nombre d'échantillons analysés	Moyenne	Minimum	Maximum
Racine épluchée.....	3	1,90	1,81	2,00
Farine séchée, fumée (tamisée).....	5	1,73	1,61	1,86
Farine séchée au soleil (tamisée).....	5	1,65	1,18	2,03
Bâton.....	4	1,69	1,58	1,86
Gari.....	2	1,88	1,87	1,88
Écorce cuite-rouie....	3	10,8	8,6	12,5

GRAPHIQUE 1

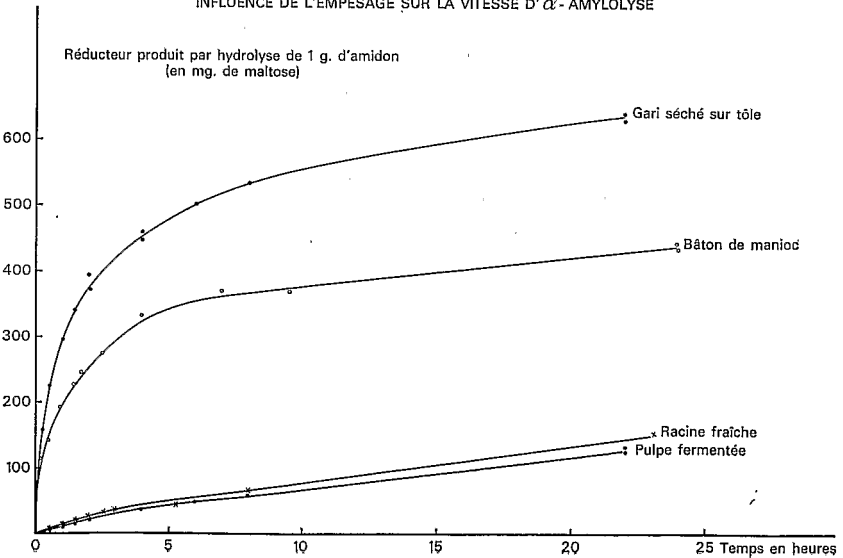
VITESSE D' α -AMYLOLYSE DE DIVERS AMIDONS DU CAMEROUN



GRAPHIQUE 2
INFLUENCE DES FERMENTATIONS SUR LA VITESSE D' α - AMYLOLYSE



GRAPHIQUE 3
INFLUENCE DE L'EMPESAGE SUR LA VITESSE D' α - AMYLOLYSE



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 (graph. 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 bactérienne utilisée expérimentalement.

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

En ce qui concerne l'influence du manioc sur certains enzymes, notons que TREMOLIÈRES 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 amylicés, comme le blé ou la pomme de terre, produisent un ralentissement très net de la protéolyse, surtout tryptique (32).

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

V

CONCLUSION

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.

Notre travail est une contribution à ce programme.

BIBLIOGRAPHIE

OUVRAGES GÉNÉRAUX

- R. CERIGHELLI, *Cultures tropicales*, I. Plantes vivrières, 1955, Baillière éd.
M. VAN DEN ABBELE et R. VANDENPUT, *Les principales cultures du Congo Belge*, 1956, Publications de la Direction de l'Agriculture, des Forêts et de l'Élevage, Bruxelles.
F. BUSSON, *Plantes alimentaires de l'Ouest Africain. Étude botanique, biologique et chimique*, 1965, Ministère de la Coopération, Ministère d'État chargé de la recherche scientifique et technique, ministère des Armées. Paris.
R. JACQUOT et B. NATAF, *Le manioc et son utilisation alimentaire*, 1936, Hermann et Cie, éd.
L. PYNART, *Le manioc*, 1951, publications de l'Agriculture, Bruxelles.

MÉMOIRES ORIGINAUX

1. ADRIAN J., *Café, cacao, thé*, 1963, 7, 369. — 2. ADRIAENS E. L. et HESTERMANS-MEDARD O., *Bull. Agric. du Congo Belge*, 1954, XLV, n° 1, 1-26. — 3. BASCOULERGUE P. et BERGOT J., *L'alimentation rurale au Moyen-Congo*, 1959, édité par Service commun de lutte contre les grandes endémies, imprimerie Protat Frères, Mâcon. — 4. BICWOOD E. J. et ADRIAENS E. L., Amino-acid content of cassava meal, Malnutrition in African mothers, infants and young children, *Rapport de la 2^e conférence interafricaine sur la nutrition (C.C.T.A.)*, Gambie, 1952. — 5. BUSSON F., *Plantes alimentaires de l'Ouest-Africain. Étude botanique, biologique et chimique*, édité conjointement par Ministère français de la Coopération, Ministère d'État chargé de la Recherche scientifique et technique et Ministère des Armées (D.C.S.S.A.), 1965. — 6. BUSSON F. et BERGERET B., *Méd. Trop.*, 1958, 13, 142-144. — 7. CERIGHELLI R., *Cultures tropicales*, I. Plantes vivrières, Baillière éd., 1955. — 8. CIFFERI R., *Relazione Monografi Agrario Coloniali*, 1938, n° 44, 1-58. — 9. CIFFERI R., *Archivio botanico Forli*, 1942, 13, 27-33. — 10. COLLARD et LEVI S., *Nature*, 1959, 133, 620-621.
11. DEIBEL R. H., EVANS J. B. et NIVEN C. F., *J. of Bacteriol.*, 1957, 74, 818-821. — 12. EKPECHI O. L., *Brit. J. Nutrition*, 1967, 21, n° 3, 537-545. — 13. FAVIER J. C., *Ind. Alim.-Agr.*, 1969, 36, n° 1, 9-13. — 14. FRANÇOIS P. J., *Budgets et alimentation des ménages ruraux en 1962 à Madagascar*, édité conjointement par Ministère Malgache des Finances et du Commerce, Secrétariat d'État aux Affaires étrangères chargé de la coopération (France), C.I.N.A.M. et I.N.S.E.E. — 15. GABAIX J., *Le niveau de vie des populations de la zone cacaoyère du Centre-Cameroun*, éditions ministère camerounais des Affaires économiques et du plan et S.E.D.E.S., 1966. — 16. GOLBERG L., THORP J. M. et SUSSMANN., *Nature*, 1945, 156, 364. — 17. GUILLEMET R. et JACQUOT R., *C.R.Ac. Sc.*, 1943, 216, 508; JACQUOT R. et FERRANDO R., *Les Tourteaux*, 1957, 101-102, Vigot éd. — 18. LE BERRE S., GALLON G. et TABI B., *Ann. Nutr. Alim.*, 1969, 23, n° 1, 31-45. — 19. MASSEYEFF R., BERGERET B., CAMBON A., PIERME M. L. et BEBEY-EYIDI R., *Enquêtes sur l'alimentation au Cameroun* : I. Evodoula (1958); II. Batouri (1958); III. Golompou (1959); IV. Douala (1961), éditions Orstom.
21. OKE O. L., *Tropical Sci.*, 1966, 3, 23-27. — 22. OKE O. L., *Nature*, 1966, 212, 1055-1056. — 23. PELE J. et LE BERRE S., *Les aliments d'origine végétale au Cameroun*, 1966, éditions Orstom. — 24. PERISSE J., *Ann. Nutr. Alimentation*, 1962, XVI, n° 4, 1-58. — 25. PERISSE J., ADRIAN J. et JACQUOT R., *Ann. Nutr. Alim.*, 1956, 10, n° 2, 13-21. — 26. PERISSE J. J., ADRIAN J., RERAT A., LE BERRE S., *Ann. Nutr. Alim.*, 1959, XIII, n° 1, 1-15. — 27. PLATT B. S., *Food Technology*, may 1964, 68, 662; 76, 670. — 28. ROGERS D. J., *Economic Botany*, 1965, 19, n° 4, 369-377. — 29. SNELL E. E. et STRONG F. M., *Ind. Eng. Chem., Anal. éd.*, 1939, 11, 346. — 30. SNELL E. E. et WRIGHT L. D., *J. Biol. Chem.*, 1941, 139, 675.
31. STUFFINS C. B., *The Analyst*, 1967, 92, 107-111. — 32. TREMOLIÈRES J., BERNIER J. J. et LOWY R., *Nutr. Dieta*, 1959, 1, 100-120. — 33. VIGNOLI L. et CRISTAU B., *Cahiers Coloniaux*, 1950, n° 8, 303-308. — 34. WALKER A., *Rev. Bot. Appl. Agric. trop.*, 1951, 31, 542. — 35. WATT B. K. et MERRILL A. L., *Composition of foods, Agriculture Handbook*, n° 8, 1963, U.S. Department of Agriculture. — 36. WINTER G., *Le niveau de vie des populations de l'Adamaoua*, éditions Direction de la statistique du Cameroun et Orstom, 1964.

LA TECHNOLOGIE TRADITIONNELLE DU MANIOC AU CAMEROUN INFLUENCE SUR LA VALEUR NUTRITIVE

par

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

Section Nutrition de l'O.R.S.T.O.M., Yaoundé

avec la collaboration technique de: M. ABONA, F. ESSIMBI, V. LACTHIH, V. MBAZOA,
G. MESSI, A. NGOUHOUD et B. TABI

Extrait des ANNALES DE LA NUTRITION ET DE L'ALIMENTATION
1971, Vol. 25, N° 1

O. R. S. T. O. M.

18 AOUT 1971

Collection de Référence

O. R. S. T. O. M. Fonds Documentaire

N° ~~4923~~

N° : 4923

Cote : B