

ÉTUDE *IN VIVO* ET *IN VITRO* DE LA DIGESTIBILITÉ DU MANIOC SOUS DIFFÉRENTES FORMES : FARINE ENTIÈRE, FARINE BLUTÉE, FÉCULE ET GARY

APPLICATIONS AUX RÉGIMES AFRICAINS

par

JULIEN PÉRISSE,
(O. R. S. T. O. M.)

JEAN ADRIAN
(C. N. R. S.)

et

RAYMOND JACQUOT.

(École des Hautes Études)

(Laboratoire de Biochimie de la Nutrition du C.N.R.S., Bellevue)

Mémoire reçu le 15 mars 1956

INTRODUCTION ET OBJET DU TRAVAIL

Le manioc occupe une place prépondérante dans la ration alimentaire des populations africaines de la zone équatoriale. Les enquêtes effectuées au Togo (12) montrent, par exemple, qu'il fournit de 40 à 60 p. 100 des calories de la ration et, malgré sa faible teneur en azote, qu'il procure le tiers des protides ingérés en période de soudure.

De nombreuses analyses ont déterminé la composition chimique du manioc (9,6) même du point de vue de la teneur en aminoacides (5,15). Ce sont ces résultats qu'on utilise pour le calcul des consommations alimentaires en principes nutritifs. Or, la composition centésimale ne rend pas entièrement compte de la valeur alimentaire réelle. Celle-ci résulte, non seulement du potentiel chimique de l'aliment considéré, mais également de ses possibilités d'utilisation par l'organisme parmi lesquelles se place en premier la digestibilité.

En Afrique, le manioc est le plus souvent consommé après cuisson. Cependant, il n'est pas rare de voir les indigènes consommer telle quelle une sorte de semoule appelée « gary » et même manger directement les racines crues.

On sait que les amidons de céréales sont parfaitement digérés à l'état cru. Par contre, la féculé de pomme de terre crue n'est que partiellement attaquée par les sucs digestifs et se retrouve en masse dans les fécès. Une cuisson préalable est nécessaire pour qu'elle soit utilisée au même taux que les amidons de céréales.

On peut dès lors se demander si ce comportement, que certains attribuent à un degré de polymérisation trop élevé (16,11), est particulier à la féculé de pomme de terre ou caractérise l'ensemble des amidons d'organes souterrains.

L'étude *in vivo* de la digestibilité du manioc présenté sous différentes formes a donc été le premier objectif de nos recherches. Les résultats exprimeront le taux de l'utilisation digestive.

À côté de cet aspect quantitatif, le terme de digestibilité présente aussi un autre sens et correspond alors à une notion qualitative liée à la facilité du transit digestif. Nous tenterons également de l'aborder par des recherches poursuivies *in vitro*.

On pourra ainsi voir sous quelle forme le manioc est le mieux utilisé par l'organisme (aspect quantitatif) et dans quelle mesure des préparations, dont l'une typiquement africaine, facilitent son transit digestif (aspect qualitatif)

RECHERCHES PERSONNELLES

I. Caractéristiques des formes de manioc utilisées

Les essais ont porté sur quatre aliments qui ont toujours été donné à l'état *cru*; nous en indiquons les caractéristiques et la teneur en insoluble formique (I.F.) qui, d'après GUILLEMET-JACQUOT, correspond à l'indigestible glucidique :

- farine de cossettes entières livrées par une firme métropolitaine (I.F. = 6,6 p. 100);
- farine de cossettes épluchées en provenance de manioc doux du Togo (I.F. = 2,3 p. 100);
- gary préparé au Togo (I.F. = 1,7 p. 100);
- féculé pure de manioc préparée par l'industrie (I.F. = 0).

Le gary est une préparation familiale de manioc dont les phases successives sont les suivantes :

Épluchage des racines tronçonnées près du pédicelle;

Râpage : les racines sont pulpées sur une tôle perforée; la pâte obtenue est gardée dans des paniers pendant trois jours au plus;

Essorage de la pâte par des moyens de pression rudimentaires;

Tamisage à travers un tamis (trous de 4 mm²) qui refuse les fibres ligneuses et les morceaux épargnés par la râpe;

Dessication de la semoule pendant quinze minutes environ sur un cuiseur en poterie chauffé au bois.

On obtient ainsi un produit homogène et finement granulé qui se garde pendant plusieurs mois. Le gary peut être considéré comme un produit fermenté : il en a l'odeur et le goût; son acidité est de 0,245 gramme SO₄H₂ pour

100 grammes; il ne contient que des traces de sucres libres contrairement au manioc d'origine (2), ce qui constitue un bon indicc de fermentation.

II. Coefficients d'utilisation digestive

L'expérience a été poursuivie sur 24 rats adultes répartis en quatre lots selon la nature du manioc :

- lot A : fécule de manioc;
- lot B : gary;
- lot C : farine blutée;
- lot D : farine entière.

Le régime complet était ainsi constitué :

Manioc.....	74 p. 100
Caséine.....	18 p. 100
Mélange minéral (Osborne Mcndel).....	2 p. 100
Huile d'arachide.....	5 p. 100
Mélange vitaminique complet.....	1 p. 100

TABLEAU I
Digestibilité de la ration totale

NUMÉRO DES RATS	C. U. D. GLOBAL (Poids sec ingéré - Poids sec fécets) × 100 Poids sec ingéré				
	A (fécule)	B (gary)	C (farine blutée)	D (farine entière)	
Période I	1.....	98	95,5	93,5	91,5
	2.....	97	94,5	93	87
	3.....	98	94,5	94,5	89
	4.....	97	95	94,5	91
	5.....	97,5	95	93,5	90,5
	6.....	97,5	95,5	93,5	91
	<i>Moyenne.....</i>	<i>97,5</i>	<i>95,0</i>	<i>93,5</i>	<i>90,0</i>
Période II	1.....	97,5	95	94	90
	2.....	96,5	95	93,5	89,5
	3.....	97	95	93,5	90,5
	4.....	97,5	95,5	94	90,5
	5.....	97	95	94	91
	6.....	97	94,5	93	91,5
	<i>Moyenne.....</i>	<i>97,0</i>	<i>95,0</i>	<i>93,5</i>	<i>90,5</i>

Les animaux mangeaient *ad libitum*. Après une période d'adaptation de cinq jours, on établit un bilan digestif exact en fonction des ingesta et des fécès. L'essai a porté sur deux périodes d'une semaine au cours desquelles nous avons déterminé le C.U.D. global et le C.U.D. azoté. On trouvera les résultats dans les tableaux I et II.

Le régime A présente un C.U.D. global très élevé qui laisse présumer une digestibilité totale de la féculé crue de manioc. De fait, après hydrolyse, on ne trouve que des traces de réducteur dans les fécès. Nos valeurs recourent celles de GOVIN (7) qui, chez le Porc, attribue un C.U.D. de 97 à l'amidon de manioc *cuit*. On peut donc assurer que cette racine, essentiellement féculente, est aussi bien digérée crue que cuite. Les C.U.D. globaux du gary, des farines blutées et entières sont plus bas et cela d'autant plus que l'insoluble formique est plus élevé :

Régimes	Insoluble formique (p. 100 du régime)	C.U.D. globaux (Moyenne des deux périodes)
Féculé.....	0	97,2
Gary.....	1,2	95
Farine blutée.....	1,7	93,5
Farine entière.....	4,9	90,2

C'est à nouveau la démonstration du rôle « d'anti-aliment » que joue l'indigestible glucidique. Comme l'ont souligné GUILLEMET et JACQUOT (8), si l'indigestible était inerte, le C.U.D. du manioc entier (régime D) devrait être celui de la féculé (régime A), diminué de 4,9, soit 92,3 (97,2— 4,9). Or, il est de 90,2. C'est la preuve que l'indigestible glucidique nuit à l'assimilation des autres constituants de la ration. Toutefois, l'insoluble formique du manioc semble moins « agressif » que celui des céréales. Dans ce dernier cas, GUILLEMET et JACQUOT obtenaient une chute plus marquée de la digestibilité totale :

	Insoluble formique (p. 100)	C.U.D. globaux
Farine de blé extraite à 75.....	0,67	97
Farine intégrale de blé.....	5,1	84

La différence est probablement due à la nature des composants de l'insoluble formique. CHARLET-LERY, FRANÇOIS et LEROY (3) ont montré que cet insoluble correspondait à la somme exacte « cellulose vraie + lignine » (sauf dans le cas des fourrages grossiers). Il est vraisemblable que, des deux constituants, la lignine est celui qui perturbe le plus l'utilisation digestive. Or, le son semble nettement plus ligneux que l'écorce des racines de manioc.

TABLEAU II
Digestibilité des protides

NUMÉRO DES RATS	C. U. D. AZOTÉ $\frac{(N \text{ ingéré} - N \text{ des fèces})}{N \text{ ingéré}} \times 100$	
	A (fécule)	D (farine entière)
Période I	1.....	89,1
	2.....	88,2
	3.....	85,1
	4.....	87,5
	5.....	86,8
	6.....	86,7
	<i>Moyenne.....</i>	<i>87,0</i>
Période II	1.....	86,1
	2.....	87,4
	3.....	85,8
	4.....	86,7
	5.....	87,4
	6.....	87,7
	<i>Moyenne.....</i>	<i>87,0</i>

En substituant dans le régime la farine entière à la fécule de manioc, la digestibilité des protides diminue de 8 p. 100. Cette chute, attribuable à l'indigestible glucidique, se traduit par une augmentation de la masse fécale et non pas par une plus haute concentration de l'azote dans les fèces :

Béginnes	Insoluble formique (p. 100 du régime)	Poids sec des fèces (p. 100 g. secs ingérés)	Teneur en azote des fèces (mg p.100 g. secs)
Féculé.....	0	2,73	7,5
Farine entière.....	4,9	10,3	4

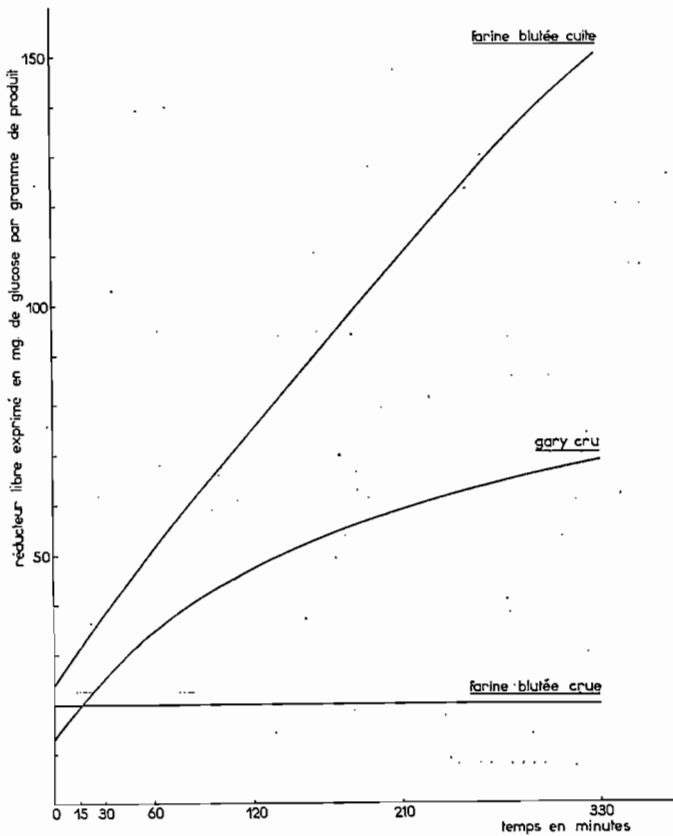
Ces résultats confirment pleinement les observations de JACQUOT et coll. (10), TRÉMOLIÈRES et ERFMANN (14), RANDOIN et FOURNIER (13).

En bref, on peut conclure que la digestibilité du manioc dépend essentiellement du taux de blutage de ses préparations, mais, par contre, qu'elle n'est pas conditionnée par une cuisson préalable.

III. Digestibilité *in vitro*

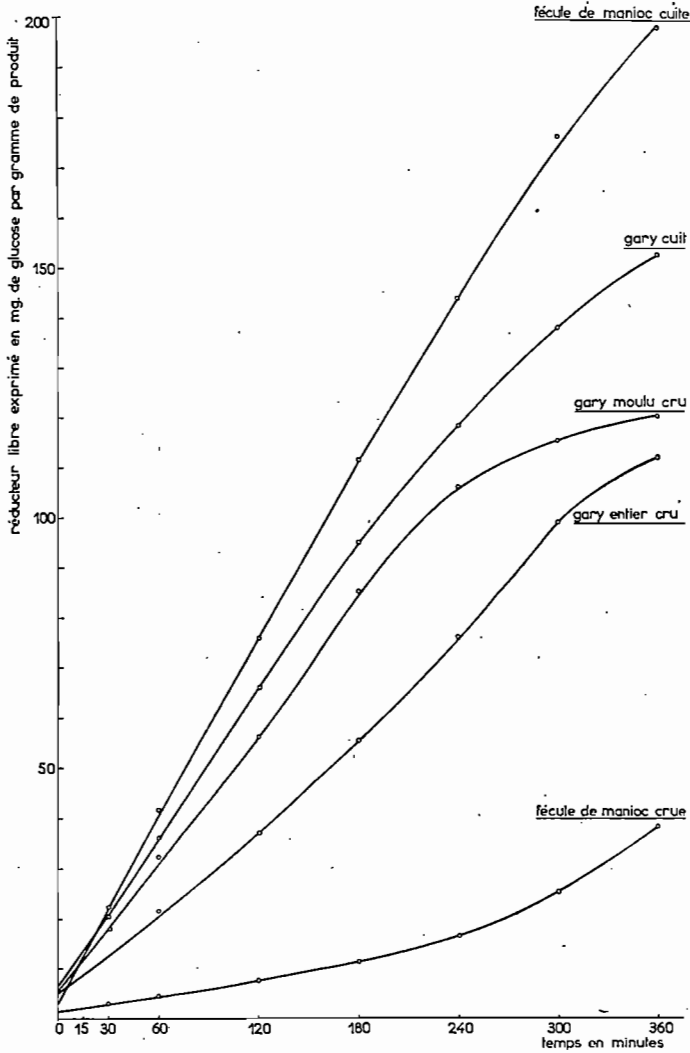
On sait que la vitesse d'hydrolyse des amidons varie selon leur origine et selon les traitements subis (4). Nous avons étudié de ce point de vue la féculé de manioc, le gary et la farine blutée (manioc épluché). La technique générale des essais est la suivante :

On met en suspension 5 grammes de produit dans 200 centimètres cubes d'eau à 38°, contenant un tampon à pH 6,8; on ajoute, soit 50 centimètres cubes d'une solution d'extrait de malt à 1 p. 100, soit une dilution de salive à 1/400 dans l'eau salée (0,25 g NaCl p. 100). L'incubation se poursuit à 38°. On effectue des prélèvements successifs sur lesquels on mesure le pouvoir réducteur (défécation au ferrocyanure-acétate de zinc, méthodes de BERTRAND ou d'HAGEDORN-JENSEN*). Les résultats, exprimés en glucose, figurent dans les graphiques I et II.



GRAPHIQUE I
Cinétique de l'hydrolyse par l'extrait de malt

(*) Nous avons vérifié que la défécation au ferrocyanure était compatible avec la méthode d'HAGEDORN-JENSEN



GRAPHIQUE II
Cinétique de l'hydrolyse par la salive

La vitesse d'hydrolyse du gary *cru* est intermédiaire entre celle de la fécula ou de la farine *cuites* et celle des mêmes produits *crus*. La transformation du manioc en gary facilite donc le travail digestif, en absence de cuisson. Néanmoins cette opération n'équivaut pas aux traitements thermiques et le gary *cru* est plus difficile à hydrolyser que les empois cuits.

Le gary *cuit* est un peu moins hydrolysable que la fécula *cuite* et se comporte sensiblement comme la farine *cuite*. Il semble que la granulométrie intervient dans la cinétique de l'hydrolyse puisque le broyage accélère l'hydrolyse du gary.

Conclusions et applications pratiques

Du point de vue utilisation digestive, il est évident que le manioc gagne à être débarrassé autant que possible de ballast cellulosique. Sur le plan africain, on ne saurait toutefois préconiser sa transformation en fécule pure, étant donné qu'elle s'accompagnerait d'un gaspillage de protides. Le gary, dont l'insoluble formique est faible, semble donc une forme rationnelle d'emploi. Il peut être consommé cru, puisque la digestibilité de l'amidon de manioc ne nécessite pas une cuisson préalable, contrairement à la fécule de pomme de terre. En outre, il ne serait pas impossible que les fermentations subies au cours de la préparation du gary s'accompagnent de synthèses vitaminiques. Le fait a été signalé par ADRIAN dans les bières de mil, en ce qui concerne la vitamine B₁₂ (1).

Du point de vue travail digestif, il apparaît qu'à l'état *cru*, le gary est plus facilement hydrolysé que la fécule ou la farine de manioc. Il se peut que ce soit un avantage lorsque le manioc est consommé sans cuisson préalable, ce qui arrive au Togo.

Il est hasardeux d'interpréter ces différences sur le plan nutritionnel. Néanmoins, il faut insister sur le fait suivant : la brusque transition de régimes à base d'aliments fermentés à des rations n'ayant pas subi une telle préparation provoque le plus souvent de graves désordres intestinaux chez l'Africain. Il semble qu'on puisse les attribuer à l'établissement d'une flore pathogène. Or, on sait que la flore varie considérablement selon qu'elle utilise comme substrat des sucres ou de l'amidon. Le gary n'aurait-il de ce point de vue une signification particulière, puisque sa vitesse d'hydrolyse diffère de celle du manioc non traité?

Quoi qu'il en soit et pour terminer sur une note pratique, on peut ainsi résumer les avantages du gary :

- par rapport à la racine fraîche qui s'altère rapidement, il est d'une conservation relativement longue;
- il contient moins d'indigestible glucidique que la farine de racines épiluchées et, à plus forte raison, que la farine de manioc entière;
- il renferme le peu de protides que contient le manioc, contrairement aux dérivés à base de fécule (tapioca);
- il peut être consommé cru sans présenter les inconvénients de certains amidons souterrains et représente ainsi le type de l'aliment du travailleur aux champs;
- bien entendu, le gary ne vaut que ce que vaut le manioc et ne peut à lui seul constituer un régime équilibré.

BIBLIOGRAPHIE

1. ADRIAN J., Les Mils et Sorghos, *O.R.A.N.A.*, 1954, Dakar. — 2. BERGE M., Principales variétés de manioc du Togo, 1955, Concours du principalat. — 3. CHARLET-LERY, FRANÇOIS A. et LEROY M., *Ann. Zootch.*, 1952, **1**, 45 — 4. CHERIFIE A., Il problema alimentare, 1932, Anno II, **11**. — 5. CLOSE J., ADRIENS E. L., MOORE S., BIGWOOD E. J., *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 1953, **35**, 985. — 6. F.A.O., Tables de composition des aliments, décembre 1949: — 7. GOUIN, Les aliments du bétail, Paris, 1922, Baillière. — 8. GUILLEMET R., JACQUOT R., *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 1944, **26**, 324. — 9. JACQUOT R., *Actualité Scient. Indust.*, 1936, 364, Hermann, édit. — 10. JACQUOT R. et GUILLEMET R., *Trav. Inst. Nat. Hyg.*, 1944, 1, vol. 3, 177.
11. LEVY J. et JACQUOT R., *C. R. Ac. Sc.*, 1948, 227, 371. — 12. PERISSE J., *Enquêtes sur pop. agric. du Togo*, Med. Trop. (à paraître). — 13. RANDOUIN (M^{me} L.), FOURNIER et DIGAUD, *Bull. Soc. Sci. Hyg. Alim.*, 1944, **32**, 21. — 14. TRÉMOLIÈRES et ERFMANN, *Bull. Ac. Med.*, 1943, **127**, 102 et 641. — 15. SREERAMAMURTHY V. V., *Indian J. Med. Res.*, 1945, **33**, 229. — 16. SUTRA, *Bull. Soc. Chim.*, 1947, **7**, **8**, 738.

Périssé Julien, Adrian J., Jacquot R. (1956).

Etude in vivo et in vitro de la digestibilité du manioc sous différentes formes : farine entière, farine blutée, fécule et gary : applications aux régimes africains.

Annales de la Nutrition et de l'Alimentation, 10 (2), 13-21.

ISSN 0003-4037