

Académie royale  
des  
Sciences coloniales

CLASSE DES SCIENCES NATURELLES  
ET MÉDICALES

Mémoires in-8°. Nouvelle série.  
Tome III, fasc. 3.

Koninklijke Academie  
voor  
Koloniale Wetenschappen

KLASSE DER NATUUR- EN  
GENEESKUNDIGE WETENSCHAPPEN

Verhandelingen in-8°. Nieuwe reeks.  
Boek III, aflev. 3.

# Recherches

## sur la composition en acides aminés des protéines d'aliments végétaux du Congo belge et du Ruanda-Urundi

PAR

**E. L. ADRIAENS**

DOCTEUR EN SCIENCES

CHERCHEUR ASSOCIÉ DE L'I.R.S.A.C.

Cette nouvelle série constitue la suite de la collection de *Mémoires in-8°*, publiée par l'Institut Royal Colonial Belge de 1929 à 1954.

Deze nieuwe reeks is de voortzetting der verzameling van de *Verhandelingen in-8°*, uitgegeven door het Koninklijk Belgisch Koloniaal Instituut van 1929 tot 1954.



Avenue Marnix, 25  
BRUXELLES

Marnixlaan, 25  
BRUSSEL

1955

PRIX :  
PRIJS: F 125





Académie royale  
des  
Sciences coloniales

CLASSE DES SCIENCES NATURELLES  
ET MÉDICALES

Mémoires in-8°. Nouvelle série.  
Tome III, fasc. 2.

Koninklijke Academie  
voor  
Koloniale Wetenschappen

KLASSE DER NATUUR- EN  
GENEESKUNDIGE WETENSCHAPPEN

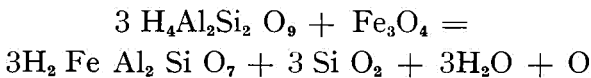
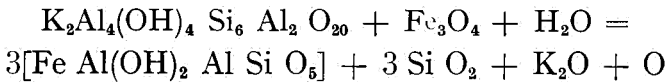
Verhandelingen in-8°. Nieuwe reeks.  
Boek III, aflev. 2.

La mine des Kibara (Katanga, Congo belge)  
Étude pétrographique et géologique.

par B. ADERCA

ERRATA

P. 65, les deux réactions de formation doivent être lues comme suit :



---



Recherches  
sur la composition en acides aminés  
des protéines d'aliments végétaux  
du Congo belge et du Ruanda-Urundi

PAR

**E. L. ADRIAENS**

DOCTEUR EN SCIENCES

CHERCHEUR ASSOCIÉ DE L'I.R.S.A.C.

---

*Mémoire couronné au concours annuel de 1954.*

---

---

Mémoire présenté à la séance du 17 juillet 1954.  
Rapporteurs : MM. A. CASTILLE et N. WATTIEZ.

---

## INTRODUCTION

On a dit du manioc qu'il « caractérise une civilisation » (L. PYNAERT), civilisation primitive sans doute par ses manifestations artistiques, par son agriculture « de rapine », par le mode de vie des populations dont les pratiques culinaires, les habitudes alimentaires, la monotonie et l'irrégularité des repas ne sont qu'un aspect particulier.

Pour être aliment de base de peuplades peu évoluées, réparties sur d'immenses étendues des régions tropicales et subtropicales, le manioc est aussi un aliment hydrocarboné « type ». Par rapport aux glucides, les protides, les lipides et les matières minérales que renferme la carotte ne représentent qu'une part infime, ce qui en fait un aliment fortement déséquilibré. De plus, la plante contient dans tous ses organes végétatifs, ainsi que dans sa racine amyliacée, un composé cyané toxique qui doit en être éliminé, faute de quoi on s'expose à des accidents graves, si pas mortels.

Et pourtant, pour assurer aux peuplades du centre de l'Afrique un minimum de calories, on en a été réduit à intensifier la culture de cette Euphorbiacée au point que R. JACQUOT et B. NATAF ont écrit en 1936 : « la culture du manioc est un bienfait pour nos colonies... ».

De fait, rien que la production indigène recensée sauve annuellement de la famine plus de la moitié de la population au Congo belge ; n'empêche que, du point de vue de la nutrition, le manioc fait figure de pis-aller. Son utilisation dans l'alimentation constitue un problème en soi.



Si la question de la valeur nutritive *in globo* du manioc a déjà suscité quelques recherches, moins d'attention semble avoir été réservée aux protides : peut-être parce que composés mineurs, sans doute aussi à cause du peu de perfection des techniques courantes.

Or, dans une région où les habitants sont habituellement carencés en protéines, aucune source d'éléments nutritifs, si minime soit-elle, ne peut être négligée.

Au Congo belge, la consommation de manioc roui apporte journallement à l'organisme humain de 15 à 20 g de protides bruts, quantité déjà insuffisante qui fréquemment doit encore être diminuée de 20 et même de 30 % quand on prend comme base d'appréciation la teneur en acides aminés ; cette quantité devient minuscule, dans plus d'un cas, quand on s'en réfère aux acides « essentiels » selon ROSE.

Ainsi, après avoir intensifié la culture du manioc, parce qu'il « a été pour l'Afrique Occidentale une plante providentielle », peu exigeante et à grand rendement, on ne peut songer à l'éliminer des cultures coutumières et éducatives parce que aliment non équilibré.

Suppléer à l'azote déficitaire en complétant les repas en milieu coutumier par d'autres aliments fournis par le règne animal et végétal serait sans doute une solution heureuse.

Mais ceci pose dans son ensemble le problème des protéines alimentaires, tant du point de vue de leur composition et de leur valeur nutritive, que du point de vue de l'approvisionnement.

Les travaux dans le domaine de la détermination de la composition des protéines sont laborieux et actuellement encore, « force est de s'en tenir au taux protéique brut des aliments comme unité de mesure du besoin protéique de l'homme » (J. TREMOLIÈRES).

Au point de vue de l'approvisionnement, il a été estimé qu'au Congo belge, pour une population de 10,7

millions, la possibilité existe de procurer hebdomadairement environ 150 g de viande ou de poisson par tête d'habitant.

« Si on donnait à 40% de la population noire », écrivent M. CEPÉDE et M. LENGELLE, « les 200 g de viande jugés nécessaires par travailleur et par jour, la consommation moyenne de viande décuplerait..., tout le troupeau de bovins de l'A. O. F., de l'A. E. F., du Togo et du Cameroun fondrait en moins de deux ans, en supposant que le reste de la population continue à consommer approximativement 3 kg de viande de bœuf par an. »

Le problème est donc réel et il est d'une urgente nécessité d'y apporter une solution.

Il a été suggéré de minimiser les effets d'une alimentation déséquilibrée en protéines par l'adjonction d'acides aminés essentiels synthétisés par l'industrie chimique. On a même été jusqu'à affirmer que, grâce à cette mesure, « les disponibilités en protéines alimentaires pourraient être augmentées de 50 à 100%... » (*L'Industrie Chimique Belge*, n° 2, 1953).

Solution pertinente sans doute, mais dont l'application restera forcément limitée aux pays à économie riche et où les habitants sont progressistes dans le domaine alimentaire.

Sa réalisation paraît devoir se heurter à de grosses difficultés dans les régions insuffisamment développées, aux populations économiquement faibles qui n'ont bien souvent même pas dépassé le stade de la pâte crue.

On en arrive alors à se demander si, dans la réalisation de cet objectif humanitaire, une première étape ne consisterait pas à supplémer rationnellement l'aliment de base en produits protéiques aisément accessibles dans le pays même, à moins qu'ils soient des sous-produits d'une industrie locale. Tourteaux d'arachides, comme le préconisait récemment R. JACQUOT pour certaines régions de la France d'outre-mer ; tourteaux de graines de coton détoxiquées au Congo belge.

Ceci nécessite avant tout l'étude chimique approfondie des protéines de l'aliment carencé et de celles du ou des suppléments éventuels.

Disposant, en la méthode de MOORE et STEIN, d'un merveilleux outil permettant de rechercher dans l'hydrolysat brut d'un produit végétal la nature des acides aminés et d'en doser la quantité présente, deux possibilités se présentaient pour la présentation du mémoire relatant ces recherches :

- 1) Se limiter à une sèche énumération de données analytiques pour laisser au lecteur le soin de conclure sur des données parfois contradictoires ;
- 2) Commenter les résultats et proposer une explication raisonnable aux valeurs numériques fournies par l'étude de plusieurs échantillons.

La première alternative, en réalité solution de facilité, n'est, à notre sens, nullement scientifique.

La seconde, pour être beaucoup plus ingrate, est scientifique. C'est celle-ci que nous avons cru devoir choisir.

Mais alors force fut d'établir des comparaisons parfois hardies avec des cas similaires, de faire appel à des découvertes récentes pour les appliquer (avec toutes les réserves d'usage) au cas particulier du manioc, d'énoncer des hypothèses de travail, basées sur un ensemble de faits et d'observations.

Par définition, une hypothèse de travail n'a qu'un caractère temporaire ; mais, comme le disait le regretté Prof. POLONOVSKI : « La biochimie est par essence la science des hypothèses de travail ».

Il va de soi que ceci nécessite des digressions dépassant singulièrement le cadre d'un simple commentaire de données analytiques.

\* \* \*

Chargé par M. le Ministre des Colonies d'une mission pour l'étude de l'alimentation et de la nutrition dans les milieux indigènes de la colonie, nous avons récolté, dans les villages coutumiers du Kwango, un certain nombre d'échantillons de carottes de manioc roui et non roui. Cette collection a été enrichie par des lots rassemblés à notre intention par des agronomes de l'Urundi.

A notre retour en Europe, nous avons été autorisé par M. le Ministre des Colonies à étudier ces récoltes au Laboratoire de Biochimie de l'Université Libre de Bruxelles, sous la direction du Prof. E. J. BIGWOOD, Président de la Section de l'Institut pour la Recherche Scientifique en Afrique Centrale s'occupant de l'Alimentation et de la Nutrition de l'Indigène au Congo belge.

Nous y eûmes la bonne fortune d'être associé aux travaux du Prof. S. MOORE, titulaire de la chaire Francqui en 1950-1951, membre du *Rockefeller Institute of Medical Research* (New York), qui venait de mettre au point le dosage des acides aminés par voie chromatographique sur échangeurs d'ions.

L'I. R. S. A. C. nous assura aussi la collaboration de M<sup>me</sup> O. HESTERMANS-MÉDARD, Certificat combiné en Chimie biologique et en Bactériologie.

Nous voulons confondre dans un même sentiment de vive gratitude tous ceux qui ont rendu aisée notre tâche et permis de la mener à bonne fin. Nous tenons pourtant à remercier tout particulièrement le Prof. BIGWOOD pour les conseils éclairés qu'il ne cessa de nous prodiguer ainsi que M<sup>me</sup> HESTERMANS que nous aimons à féliciter pour l'esprit d'initiative dont elle fit preuve au cours d'une collaboration qui s'étendit sur plusieurs mois.

## PREMIÈRE PARTIE

## Recherches sur les protides du manioc.

## ÉTAT DE LA QUESTION.

Aliment de base de nombreuses peuplades des régions tropicales et subtropicales, le manioc est aussi une marchandise d'exportation dont les produits sont employés dans la cuisine européenne, pour l'élevage du bétail ainsi que dans certaines branches de l'industrie.

De ce fait, sans doute, la littérature chimique ne manque pas de données se rapportant à la carotte de manioc et à ses produits de transformation : expertises d'ordre commercial ou bromatologique, différentes selon la nature de la matière première et sa destination [1].

S'agit-il de fécule réservée à la fabrication de tapioca, l'humidité, la couleur, les teneurs en protéines, en fibres et en cendres, le degré de « crissement » ainsi que l'acidité sont déterminés. Si la farine est destinée aux arts, la dextrinisation, la couleur et la viscosité sont étudiées plus particulièrement. En vue de l'introduction de farine, de « cossettes » et de « bouchons » dans l'alimentation du bétail, on s'attache à la détermination de la digestibilité, de la valeur nutritive et de la conservation des produits du manioc. Dans ce domaine, il a été montré qu'une teneur en eau supérieure à 19% favorise le développement de moisissures diverses.

(\*) Les chiffres entre [ ] renvoient à la bibliographie, p. 100.

Notons, toutefois, que les transactions commerciales se font habituellement sur aspect extérieur de l'échantillon et que l'analyse chimique n'est pas requise.

Des recherches plus poussées (moins nombreuses aussi) ont été effectuées sur du matériel n'ayant subi aucune manipulation ainsi que sur la matière résultant du rouissage. Elles visent à l'étude des éléments de soutien : protéines, acides aminés, vitamines et se placent sous l'angle de la nutrition.

Dans les lignes qui suivent nous en résumons l'essentiel.

#### 1. — COMPOSITION SOMMAIRE DE LA PARTIE COMESTIBLE DE LA CAROTTE DE MANIOC ROUI.

Il est connu que l'ensemble des éléments non glucidiques représente, dans le manioc, moins de 10% du poids total de la carotte sèche. A titre documentaire, nous résumons dans le tableau I les valeurs extrêmes fournies par l'étude de 32 échantillons de manioc roui par l'indigène au Congo belge. Ces échantillons sont originaires du Kwango et du Bas-Congo (8 lots), du Ruanda (3 lots) et de l'Urundi (21 lots) [2].

TABLEAU I.

	Kwango et Bas-Congo	Ruanda	Urundi
Matières minérales totales	0,87 à 2,21	1,20 à 3,10	0,70 à 3,16
Azote total	0,13 à 0,44	0,26 à 0,48	0,22 à 0,48
Ammoniaque (en mg)	0 à 52,6	0 à 50,0	0,6 à 50,0
Mat. protidiques brutes (5,83)	0,78 à 2,57	1,52 à 2,80	1,28 à 2,80
Matières protidiques corrigées	0,76 à 2,31	1,52 à 2,56	1,18 à 2,74
Matière grasse	0,16 à 0,47	0,27 à 0,31	0,28 à 0,75
Cellulose	1,96 à 2,35	1,59 à 1,85	2,09 à 3,29
Acidité (en mg ac. sulf.)	0 à 640	20 à 180	40 à 330
Hydrates de carbone (différence)	93,3 à 95,6	92,2 à 94,2	91,8 à 94,8

## 2. — NATURE ET COMPOSITION DES CONSTITUANTS MINEURS DU MANIOC.

La teneur en sels de Ca oscillerait, dans la carotte fraîche, entre 12 et 50 mg p. 100 ; la teneur moyenne en Fe n'atteindrait que 0,5 mg alors que la proportion de P varierait entre 37 et 82 mg p. 100 [3].

Examinant des carottes fraîches, VAN VEEN y a dosé de 35 à 330  $\gamma$  de thiamine, 75  $\gamma$  de riboflavine et 20 mg d'acide ascorbique p. 100 ; le carotène serait également présent [4]. Les données se rapportant à la farine séchée sont plutôt contradictoires : on s'accorde à y trouver de la thiamine, mais alors que pour les uns [3], il n'y aurait pas de riboflavine, AUTRET y aurait dosé 100  $\gamma$  p. 100 [4]. VAN VEEN, par contre, constate que le manioc séché ne contient « pratiquement plus de vitamines ».

L. LEHRMAN [5] a montré que les acides gras associés à la farine de manioc sont butyreux et ont un indice d'iode de 78,8. S'y trouvent présents : l'acide palmitique et les acides oléique, linoléique et linoléique, sans toutefois que l'auteur indique des proportions précises. Le manioc serait une des rares plantes amylofères contenant de l'acide linoléique.

En ce qui concerne les protides, peu d'études complètes leur avaient été consacrées au moment où furent entreprises les recherches sur les produits originaires du Congo belge et du Ruanda-Urundi.

A. G. VAN VEEN et J. C. LANZING [6] ont pu observer que la moitié seulement (47 à 54%) des matières azotées brutes de la farine de manioc séché est faite de protéines. Les « non-protéines » pourraient être des sels d'ammonium, de l'asparagine, de la glutamine, substances entraînées par l'eau chaude.

J. KIGER [7] note que dans les farines commerciales africaines, plus de 50 à 60% des matières azotées totales

sont faites de substances non protéiniques, solubles dans l'eau froide.

Opérant sur des carottes fraîches, non rouies, originaires de l'Inde méridionale, V. V. SREERAMAMURTHY [8] a trouvé que la majorité des protides existe dans les carottes de manioc sous la forme de composés simples : sur les 81,6% de matières azotées totales diffusibles dans l'eau, 21,8% seulement sont précipitées par l'acide phosphotungstique, 59,4% ne le sont pas.

Dans les fractions protéiques et non protéiques, le même auteur a dosé les quantités suivantes d'acides aminés, valeurs exprimées en azote pour 100 p. d'azote total extrait à l'eau :

	Matières protéiques	Matières non protéiques
Arginine	17,0	3,7
Tyrosine	1,6	1,09
Tryptophane	1,1	0,58
Cystine	1,3	2,02
Histidine	—	4,52
Lysine	—	11,58

Les deux fractions contiennent de la tyrosine, du tryptophane et de la cystine en quantités parfaitement dosables ; la dose d'arginine est élevée.



## CHAPITRE I

**EXTRACTION DES PROTIDES DU MANIOC <sup>(1)</sup>.**

Il a été noté précédemment que des lots de manioc roui et même non roui, séchés au soleil ou à l'abri du soleil, dosaient des quantités plus ou moins élevées de sels d'ammonium ou d'ammoniaque libre [2]. On a suggéré que ceux-ci pouvaient provenir de la dégradation de certains acides aminés comme l'arginine, ou encore de l'hydrolyse partielle de certaines holoprotéines et de composés amidés tels que l'asparagine et la glutamine.

Il pourrait ainsi coexister dans le manioc roui soumis à l'étude, des protéines natives, des fragments plus résistants, des protéines dégradées et des acides aminés libres.

Nous avons dès lors procédé à des essais d'extraction par des solutions hydroalcooliques et salines, d'un nombre déterminé et choisi d'échantillons. On pouvait prévoir, en effet, que l'ensemble des acides aminés libres et quelques protéines dégradées passent en solution hydroalcoolique, alors que les protéines précipitent dans ce milieu. L'élargage par des solutions salines neutres devait donner lieu à l'extraction de certaines holo- ou hétéroprotéines.

(<sup>1</sup>) Une note préliminaire a été publiée sur ce sujet par E. J. BIGWOOD, E. L. ADRIAENS et O. MÉDARD (*Arch. internat. de Physiol.*, LX, 1952, 206/207).

## DONNÉES EXPÉRIMENTALES.

*Méthodes d'analyse.*

1. — *Extraction à l'alcool à 70%*. — 100 g de farine sont épuisés trois fois successivement pendant 30 min avec un litre d'alcool éthylique dont le titre final, compte tenu de l'humidité de l'échantillon, ne peut excéder 70%. Les liqueurs alcooliques d'extraction sont séparées par centrifugation et le culot est lavé chaque fois avec 50 ml d'alcool. L'alcool est éliminé par distillation à basse température en s'aidant du vide. L'extrait sirupeux restant se dissout facilement dans l'eau distillée, sans toutefois que la solution soit limpide ; elle contient en suspension de faibles quantités de matière grasse, des débris de matières cellulosiques provenant des fibres de la carotte, éventuellement un peu de farine entraînée. Par centrifugation à basse température, on parvient à séparer l'extrait en trois parties : une zone oléagineuse surnageante, la grosse masse de l'extrait aqueux et les débris divers agglomérés au fond du tube. Il n'est pas aisé d'enlever le disque de matière grasse surnageant, celui-ci étant formé principalement d'acides non saturés, liquides. Nous avons dès lors préféré procéder à l'extraction par éther avant même de concentrer la solution dont tout l'alcool avait été chassé et de séparer ensuite les résidus végétaux par centrifugation. Il est clair que l'extrait éthéré doit être lavé plusieurs fois à l'eau distillée et que les eaux de lavage doivent être ajoutées à la masse totale du liquide contenant les glucides et les protides. Avant de porter au volume désiré (25 ml), l'extrait concentré est centrifugé.

2. — *Extraction par élargage au NaCl à 0,5%*. — On a choisi ce sel à la concentration indiquée, parce que les rendements à l'extraction n'étaient pas inférieurs à ceux obtenus avec des concentrations plus élevées en sels.

Une farine dosant 325 mg d'azote total, traitée successivement avec le même volume des solutions suivantes, permet d'extraire les quantités ci-après d'azote :

1) HCl N/10 : 3 extractions successives pendant 30 min de 25 g de farine avec 250 ml de solution : 84,5% de l'azote total de la farine ;

2) NaCl à 0, 5% : 4 extractions successives pendant 30 min de 25 g de farine par 100 ml de solution : 100% de l'azote total de la farine.

C'est à cette dernière technique que nous nous sommes arrêté, elle évite par ailleurs l'accumulation de quantités élevées de NaCl dans l'extrait final qui a toujours été de 50 ml.

#### COMMENTAIRES.

Que pouvons-nous déduire des valeurs expérimentales consignées dans le tableau II ?

Dans l'ensemble, quelles que soient la nature et l'origine de l'échantillon étudié :

1) Les protides bruts du manioc ne sont pas complètement solubles dans l'une et l'autre des deux solutions employées : un lot sur douze fait exception, la solubilité étant totale ;

2) Leur solubilité est plus élevée dans les solutions salines diluées que dans l'alcool à 70% ;

3) Les protides des lots non rouis paraissent être moins solubles que ceux des lots rouis ; ce dernier fait est illustré par le tableau suivant :

	Manioc rouis	Manioc non rouis
Alcool à 70% : chiffres extrêmes	20 à 86,3%	30 à 48,8%
moyenne	48,3%	40,6%
Solution saline : chiffres extrêmes	33 à 100 %	34,1 à 67 %
moyenne	65,4%	54,4%

TABLEAU II. — Extraction de farines de manioc à l'alcool éthylique à 70% et au NaCl à 0,5%.

Nature	Origine : village ou région naturelle	Variété	Année de récolte	Présentation	Composition chimique pour 100 g de matière sèche en mg										
					Azote total	Matières azotées totales (5,83)	Ammoniacale	Azote ammoniacal correspondant	Azote ammoniacal, % de l'azote total	Acidité (ac. sulfurique)	Extrait				Différence entre les deux extraits
											Azote de l'extrait total	Azote par rapport à l'azote total de la farine	Alcool à 70 %	NaCl à 0,5 %	
MANIOCS DU KWANGO ET DU BAS-CONGO															
Roui	Kiamlu- kinzadi	Indigène	1918	Boules	190	1,108	tr.	tr.	—	5	52,7	27,2 %	107,5	56,6 %	+ 29,4 %
Roui	Swa-Ngoy	Indigène	1948	Boules	300	1,749	25,9	21,3	7,1	310	148,3	49,4 %	162,8	54,3 %	+ 4,9 %
Roui	Kitsako	Indigène	1948	Carottes	296	1,128	33	27,2	9,2	550	187,5	63,3 %	297,2	100,0 %	+ 36,7 %
Roui	Kinzalulu	Indigène	1948	Pains	448	2,612	53	43,3	9,7	640	386,3	86,3 %	395,1	88,1 %	+ 1,8 %
MANIOCS DE L'URUNDI															
Roui	Mosso	Nusurupiya	1951	Carottes	224	1,306	21	17,4	7,8	44	44,3	20,0 %	74,0	33,0 %	+ 13,0 %
Roui	Bweru	Imihony	1949	Carottes	223	1,300	3	2,5	1,1	90	105,0	47,1 %	143,6	64,4 %	+ 17,3 %
Roui	Bweru	Robona	1949	Carottes	260	1,516	4	3,0	1,2	130	146,6	56,4 %	172,7	66,3 %	+ 10,0 %
Roui	Bweru	Nusurupiya	1949	Carottes	380	2,215	3	2,2	0,6	40	140,8	37,1 %	224,9	59,1 %	+ 22,0 %
Non roui	Mwegereza	Nusurupiya	1919	Carottes	275	1,603	tr.	tr.	—	150	81,2	30,0 %	93,7	34,1 %	+ 4,1 %
Non roui	Mosso	Nusurupiya	1951	Carottes	298	1,738	2,4	2,0	0,7	90	145,5	48,8 %	200,0	67,0 %	+ 18,7 %
Non roui	Mwegereza	Imihony	1949	Carottes	330	1,924	1	0,8	0,24	170	126,5	38,5 %	153,9	46,7 %	+ 8,4 %
Non roui	Mwegereza	Robona	1949	Carottes	301	1,756	2	1,6	0,5	100	137,9	45,8 %	185,5	61,6 %	+ 15,8 %

Signalons, à titre comparatif, que dans le manioc frais, extrait immédiatement après récolte, SREERAMA-MURTHY [8] a trouvé pour 100 de l'azote total de la carotte :

Extrait aqueux	81,60 %
Extrait NaCl à 5%	84,80 %
Extrait à l'alcool à 70%	55,75 %
Extrait NaOH à 0,2%	96,88 %

A titre purement documentaire, il peut encore être signalé que dans les produits de la mouture du froment, B. R. JACOBS [9] a trouvé que l'extrait hydroalcoolique à 70% est plus riche en azote que l'extrait  $K_2SO_4$  à 5%, sauf pour la farine de pur germe (*Pure Germ*), certaines poussières (*Dust from Scoured Wheat, Red Dog*) et le son (*Bran Shorts*) ; jamais les extraits n'ont atteint des taux de l'ordre de 65, 67, 88 et même 100%, comme il fut constaté dans le manioc.

B. SULLIVAN et W. E. PAYNE [10] ont signalé la présence de 16 acides aminés libres dans l'extrait aqueux de farine de froment ; alors que A. M. MACLEOD [11] en a identifié 14 dans l'extrait aqueux d'orge non germée dont les diastases avaient préalablement été inactivées.

Si nous nous en référons au cas du *Ray-Grass* [13], la quantité de protides solubles dans l'alcool à 80% est, à peu de chose près, voisine de celle des composés protidiques solubles dans l'eau. Des variations dans la proportion des acides libres et aussi des acides combinés présents se font jour dans les plantes d'âges différents, ceci particulièrement pour la tyrosine et le tryptophane combinés [14].

Les acides glutamique et aspartique paraissent se trouver dans le fourrage en quantités plus abondantes en deuxième période de la végétation qu'en première ; l'inverse s'observe pour les leucines et la phénylalanine :

il existerait même un rapport assez constant entre les acides libres et les acides combinés.

Hâtons-nous de faire remarquer que toutes ces données se rapportent à du matériel peu ou pas altéré, analysé immédiatement après récolte. Le manioc de consommation, par contre, s'est trouvé dans des conditions telles que la conservation intégrale des protides « natifs » est pour le moins problématique.

Rien que d'après le degré de solubilité des protides bruts, il se manifeste, d'un lot à l'autre, une diversité dans la nature des composés présents. En est-elle un caractère propre ? Dans ce cas, le manioc allierait à une variabilité de la teneur en azote total, une variabilité tout aussi grande dans la nature de ses protides bruts. Ou bien, elle est un indice de la dénaturation et de la dégradation plus ou moins profonde qu'ont subie les constituants « natifs » au cours du trempage dans l'eau, suivi d'un séchage du matériel mouillé au soleil. Dans cette dernière alternative, comme les protides ne représentent qu'une part infime de la masse exposée à l'action des agents biochimiques, le moins que l'on puisse dire est qu'il y a infiniment de présomptions pour que les réactions entraînant ou la dénaturation ou la dégradation (à moins que ce soient les deux phénomènes simultanés) ne s'effectuent qu'exceptionnellement d'une manière strictement semblable.

On observe ainsi que la farine rouie contient des quantités fort variables (de 0,6 à 52,6 mg pour 100 g de farine sèche) de composés dont il est possible de libérer l'ammoniaque par les bases faibles à 40° C, à moins qu'il s'agisse d'ammoniaque libre adsorbée par la farine. Or il est peu vraisemblable que le milieu physiologique vivant contienne des quantités aussi élevées d'ammoniaque libre. Il paraît plus rationnel d'admettre qu'elle est le résultat de dégradations de composés aminés et amidés.

D'une manière concomitante, il se développe aussi, dans la carotte rouie ou séchée au soleil, une acidité soluble dans l'eau qui, exprimée en acide sulfurique, oscille entre 20 et 640 mg par rapport à 100 g de farine sèche.

On peut alors se demander s'il n'existe pas un rapport quelconque entre l'acidité et l'ammoniaque de néoformation et la teneur en azote soluble dans l'alcool et les solutions salines, azote provenant à la fois de produits natifs et de néoformation.

Dans le tableau III, ces différentes données ont été groupées, la teneur en azote des extraits est exprimée par rapport à l'azote total de 100 g de farine sèche.

TABLEAU III.

Numéro d'ordre	Ammoniaque mg %	Acidité mg %	Proportion d'azote soluble			Azote insoluble dans NaCl à 0,5 %
			Alcool 70 % (1)	NaCl à 0,5 % (2)	Différence (2)-(1)	
Maniocs rouis indigènes du Kwango et du Bas-Congo :						
1	—	5	27,2	56,6	29,4	43,4
6	26	310	49,4	51,3	4,9	45,7
4	53	640	86,3	88,1	1,8	11,9
8	33	550	63,3	100,0	36,7	—
Maniocs de l'Urundi :						
Rouis :						
20	3	40	37,1	59,1	22,0	40,9
32	21	44	20,0	33,0	13,0	67,0
12	3	90	47,1	61,4	17,3	35,6
18	4	130	56,4	66,4	10,0	33,6
Non rouis :						
33	2,4	90	48,8	67,1	18,3	32,9
35	2,0	100	45,8	61,6	15,8	38,4
37	1,0	170	38,3	46,7	8,4	53,3
36	—	150	30,0	34,1	4,1	65,8

On peut remarquer ce qui suit :

1) Dans les lots du Kwango et du Bas-Congo, une plus grande solubilité des protides bruts va de pair avec une

acidité croissante et une teneur plus élevée en ammoniaque. Dans ce cas, on pourrait admettre avec A. ALLSOPP [14] et N. O. BATHURST [13] que ce sont en ordre principal des acides aminés libres qui passent en solution dans l'alcool dilué, acides préexistants dans la carotte, mais qui peuvent aussi provenir, en proportions plus ou moins élevées, de l'hydrolyse de protéines, d'amides ou de peptides. Ces derniers étant peut-être des artéfacts dont le point délicat est certainement la liaison peptidique.

L'élargage aux solutions salines fournit toujours des extraits plus riches en azote que l'extraction à l'alcool aqueux ; abstraction faite de l'échantillon n° 8, la différence entre les deux teneurs va de 1,8 à 29,5. Mais l'acidité soluble dans l'eau des lots correspondants allant de 640 à 5, on constate que plus l'acidité est élevée, plus faible aussi est la différence entre les richesses azotées des deux extraits.

Comment justifier les résultats aberrants fournis par l'échantillon n° 8.

On pourrait arguer à propos de la préparation en milieu coutumier : les lots 1, 6 et 4 ont été défibrés à leur sortie de l'eau de rouissage, puis transformés en boules ou en pains ; le lot n° 8 a été récolté sous la forme de carottes simplement rincées, puis séchées au soleil.

Mais il n'est nullement exclu (et des recherches ultérieures semblent corroborer la chose) que le rouissage y ait favorisé la dégradation de protéines et provoqué l'apparition, en quantités nullement négligeables, de composés azotés non aminés, solubles dans les solutions salines.

2) Les observations faites sur l'ensemble des lots du Kwango et du Bas-Congo, se vérifient entièrement pour les lots de l'Urundi, que ceux-ci aient été rous ou non.

L'acidité soluble dans l'eau oscille, selon le cas, entre



40 et 170 ; la différence entre les teneurs en azote des extraits aux solutions salines et à l'alcool dilué allant, dans les mêmes lots, de 22,3 à 4,1.

Seuls deux échantillons fournissent des valeurs quelque peu aberrantes, bien que l'erreur n'atteigne pas les proportions notées dans le lot n° 8, originaire du Kwango.

Par contre, nous trouvons une concordance remarquable entre les deux lots, roui ou simplement séché au soleil, récoltés sur un même champ en Urundi : l'acidité est de 90 dans les deux cas et la différence entre les teneurs en azote soluble, respectivement de 17,5 et de 18,4.

## CHAPITRE II

COMPOSITION EN ACIDES AMINÉS  
DES PROTIDES DU MANIOC.

§ 1. Très peu de choses étaient connues au sujet de la composition quantitative en acides aminés des farines de manioc.

Opérant sur de la farine de manioc de la variété amère, préalablement roui, récolté à Kitsako (nord du Kwango), il fut possible à J. CLOSE, E. L. ADRIAENS, S. MOORE et E. J. BIGWOOD [18] de doser par la méthode chromatographique sur échangeurs de cations de S. MOORE et W. H. STEIN [19], [20], 17 acides aminés libérés par hydrolyse acide de la farine elle-même. La cystine fut dosée sur échangeurs d'anions selon E. SCHRAM, S. MOORE et E. J. BIGWOOD [21], l'ornithine par la méthode de F. C. CHINARD [22] <sup>(1)</sup>, le tryptophane par voie micro-biologique.

Nous donnons ci-après la composition en mg d'acides aminés, exprimée par rapport à 100 g de farine sèche :

Acide aspartique	87 à 90
Acide glutamique	243 à 258
Glycine	48 à 52
Alanine	71 à 93
Valine	41 à 52
Isoleucine	36 à 40
Leucine	59 à 60
Sérine	38 à 43
Thréonine	42 à 46
Cystine /2	12
Méthionine	14 à 20

(1) Nous discuterons plus loin la technique opératoire pour le dosage de l'ornithine.

Proline		29 à 31
Phénylalanine		41 à 45
Tyrosine		31 à 32
Tryptophane		11
Histidine		24
Lysine	} 262	71
Ornithine		211
Arginine		69 à 74

Le total des acides aminés récupérés s'élève à 1.251 mg, soit une récupération de 58% de l'azote total de l'échantillon ; l'azote ammoniacal représente à lui seul 113 mg, soit 28,7% de l'azote total.

Rappelons que la quantité d'azote ammoniacal trouvée dans la farine sèche s'élève à 27,2 mg, soit 8,5% de l'azote total [2]. L'hydrolyse par l'acide minéral 6 N aurait donc libéré une quantité assez élevée d'ammoniaque, soit près de 20% de l'azote total.

On constate donc que :

1) Les acides aminés essentiels selon ROSE représentent à peine 28% en poids des acides totaux récupérés par dosage chromatographique ;

2) Les deux composés quantitativement les plus importants sont l'acide glutamique (20%) et l'ornithine (16,9%). Le premier est un constituant normal de nombreuses protéines, comme, p. ex., la zéine, 31,3%, la gliadine, 43,7%. C'est la première fois que la présence de si grosses quantités d'ornithine est signalée dans des protéines d'origine végétale ;

3) La teneur en acides soufrés est extrêmement basse et ne correspond qu'à 2,6% des acides totaux.

La présence de quantités importantes d'ammoniaque combinée permet de déduire que :

1) Certains acides aminés doivent se trouver combinés dans la farine sous la forme amidée ;

2) Si certains acides aminés ont évolué lors du rouissage, vers la formation intermédiaire d'iminoacides [15],

ceux-ci pourraient bien être dégradés complètement lors de l'hydrolyse par les acides minéraux en dérivés aldéhydiques,  $\text{CO}_2$  et ammoniacque.

§ 2. Nous avons procédé ensuite à l'étude de plusieurs lots de manioc roui, originaires l'un de Panzi-Massuwa (sud du Kwango), les autres de l'Urundi, ces derniers étant de variété connue.

Libellé des échantillons de l'Urundi :

Variété :	
<i>Nusurupiya</i>	<i>Umusurupiya</i>
Origine :	
Colline Mwegereza	Colline Mugisigi
s/chef KASAGE	s/chef KATERETSE
Chef RUKERE	Chef BARUSASIYEKO
Territoire Ruyigi	Territoire Usumbura
Région naturelle : Mosso	Région naturelle : Mumirwa
Altitude basse	Altitude moyenne
Époque de la récolte :	Époque de la récolte :
Juillet 1949	Août 1949
Présentation : farine	Présentation : farine.

Échantillon du sud du Kwango :

Manioc en carottes, roui et séché (terre de forêt) ;  
Massuwa (Panzi) : 19.7.1948.

Produit brun à odeur caractéristique.

Composition chimique pour 100 parties de farine sèche :

	<i>Nusurupiya</i>	<i>Umusu- rupiya</i>	<i>Panzi- Massuwa</i>
Matières minérales totales	0,75	1,28	1,68
Azote total	0,262	0,533	0,232
Matières azotées totales (5,83)	1,528	3,107	1,353
Matière grasse	0,54	0,31	0,31
Matières cellulosiques	2,38	2,24	2,12
Hydrates de carbone (différence)	94,81	93,37	94,54
Ammoniacque (N, mg %)	16,0	9,3	15,3
Acidité (mg ac. sulfurique %)	260,0	150,0	382,0

TABLEAU IV. — *Hydrolysats de farine de manioc roui. Variété Umusurupiya.*

Coll. : Mugisigi ; s/chef : KATERETSE ; chef : BARU-SASIYEKO.

Rég. nat. : Mumirwa, territoire d'Usumbura (Urundi).

Récolté en 1949.

*Composition de 100 g de produit sec (N = 533 mg) (1)*

	mM	mg acide aminé	mg anhydride	mg N	% sur base molaire
Ac. aspartique	0,91	130	112	13,6	6,0
Ac. glutamique	3,12	454	398	43,2	21,9
Proline	0,15	57	48	7,0	1,0
Glycocolle	1,02	76	57	14,1	6,6
Alanine	1,62	146	116	22,9	10,5
Valine	0,66	77	65	9,2	4,3
Isoleucine	0,49	64	55	6,8	3,2
Leucine	0,79	103	89	11,0	5,1
Sérine	0,66	71	59	9,5	4,3
Thréonine	0,55	70	59	8,2	3,6
Méthionine (2)	0,30	45	40	4,3	1,9
Tyrosine	0,24	47	43	3,7	1,6
Phénylalanine	0,42	76	68	6,4	1,7
Histidine	0,25	37	33	10,1	1,6
Lysine	0,71	92	81	17,7	4,6
Arginine	2,81	490	439	157,6	18,2
Ornithine	0,22	21	18	4,4	1,4
Glucosamine	0,23	40	—	3,2	1,5
Hydroxyproline	0,05	45	39	4,8	0,3
1/2 cystine	0,24	29	25	3,4	1,6
Tryptophane	0,01	2	2	0,3	0,1
total	15,45	2172	—	361,4	100,0
NH <sub>3</sub> (corrigé)	4,04	70	—	57,6	
Total général				419,0	
N total (microkjeldahl)				533,0	
Rendement				78,6%	

(1) Chiffres moyens de deux déterminations.

(2) Méthionine + (sulfoxyde + 20 %).

TABLEAU V. — *Hydrolysats de farine de manioc roui.*  
Variété *Nusuruþiya*.

Coll. : Mwegereza ; s/chef : KASAGE ; chef : RUKERE.

Rég. nat. : Mosso, territoire de Ruyigi (Urundi).

Récolté en 1949.

Composition de 100 g de produit sec ( $N = 262$  mg) <sup>(1)</sup>

	mM	mg acide aminé	mg anhydride	mg N	% sur base molaire
Ac. aspartique	0,51	74	64	7,8	6,5
Ac. glutamique	1,04	152	134	14,5	13,3
Proline	0,08	31	26	3,8	1,0
Glycocolle	0,46	35	26	3,8	6,0
Alanine	0,74	66	53	10,4	9,5
Valine	0,29	33	28	3,9	3,6
Isoleucine	0,22	30	26	3,1	2,8
Leucine	0,36	49	42	5,2	4,6
Sérine	0,35	38	31	5,0	4,5
Thréonine	0,24	31	26	3,6	3,1
Méthionine <sup>(2)</sup>	0,11	16	14	1,5	1,4
Tyrosine	0,16	31	28	2,4	2,0
Phénylalanine	0,21	36	32	3,0	2,6
Histidine	0,11	16	14	4,4	1,4
Lysine	0,12	17	15	3,3	1,5
Arginine	0,38	66	59	21,1	4,9
Ornithine	2,23	295	255	62,5	28,6
Glucosamine	0,05	8	—	0,6	0,6
1/2 cystine	0,11	13	11	1,5	1,4
Tryptophane	0,05	11	10	1,5	0,6
Total	7,80	1048	—	162,9	99,9
NH <sub>3</sub> (corrigé)	5,80	100	—	82,8	
Total général				245,7	
N total (microkjeldahl)				262,0	
Rendement				93,8 %	

<sup>(1)</sup> Chiffres moyens de deux déterminations.

<sup>(2)</sup> Méthionine + (sulfoxyde + 20 %).

TABLEAU VI. — *Hydrolysats de farine de manioc indigène roui.*

Récolté en 1948 à  
Panzi-Massuwa (sud du Kwango).

Composition de 100 g de produit sec (N = 232 mg) <sup>(1)</sup>

	mM	mg acide aminé	mg anhydride	mg N	% sur base molaire
Ac. aspartique	0,64	85	74	8,9	8,5
Ac. glutamique	1,08	159	140	15,2	14,3
Proline	0,31	36	30	4,4	4,1
Glycocolle	0,54	41	31	7,7	7,2
Alanine	1,10	98	78	15,4	14,5
Valine	0,33	39	33	4,7	4,4
Isoleucine	0,24	31	27	3,3	3,2
Leucine	0,45	59	51	6,3	5,9
Sérine	0,37	39	32	5,2	4,9
Thréonine	0,29	35	29	4,1	3,8
Méthionine <sup>(2)</sup>	0,12	18	16	1,7	1,6
Tyrosine	0,13	24	22	1,9	1,7
Phénylalanine	0,23	38	34	3,2	3,0
Histidine	0,10	16	14	4,3	1,3
Lysine	0,19	28	25	3,4	2,5
Arginine	0,19	33	30	10,6	2,5
Ornithine	0,59	78	67	16,5	7,8
Glucosamine	0,02	4	—	0,3	0,3
Hydroxyproline	0,45	59	51	6,3	5,9
1/2 cystine	0,13	16	14	1,9	1,7
Tryptophane	0,07	14	13	1,9	0,9
Total	7,57	950	—	129,2	99,9
NH <sub>3</sub> (corrige)	3,04	52	—	42,5	
Total général				171,7	
N total (microkjeldahl)				232,0	
Rendement				74 %	

<sup>(1)</sup> Valeurs calculées d'après les données des tableaux IX et X.

<sup>(2)</sup> Méthionine + (sulfoxyde + 20 %).

# MANIOC Roui var. Nusurupya.

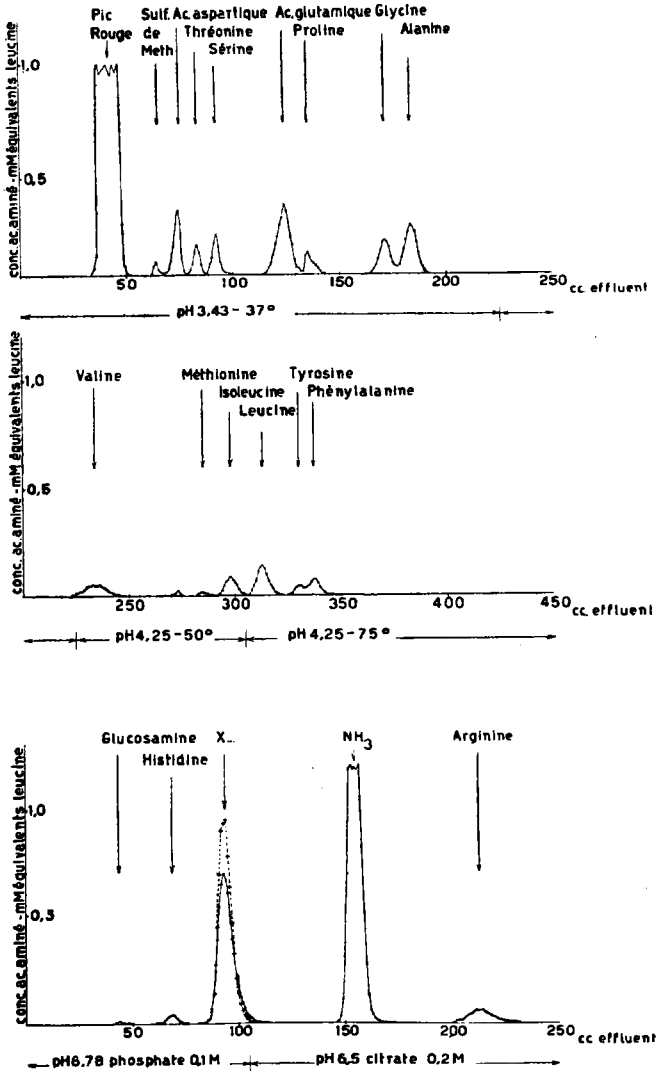


DIAGRAMME I.

*En haut et au milieu :* colonne de 100 cm. Le petit pic situé avant la méthionine pourrait être attribué à de la glucosamine.

*En bas :* colonne de 15 cm. Les 20 premières fractions comprennent en mélange l'ensemble des constituants séparés sur la colonne de 100 cm. X comprend deux pics partiellement superposés.. Celui dessiné en traits interrompus (---) correspond à la somme (lysine + ornithine) exprimée en équivalents « leucine » ; celui dessiné en traits pleins (—), à l'ornithine « brute », c'est-à-dire la somme (ornithine + environ 1/4 de la lysine) présente.



**MANIOC Roui var. Umusurupya.**

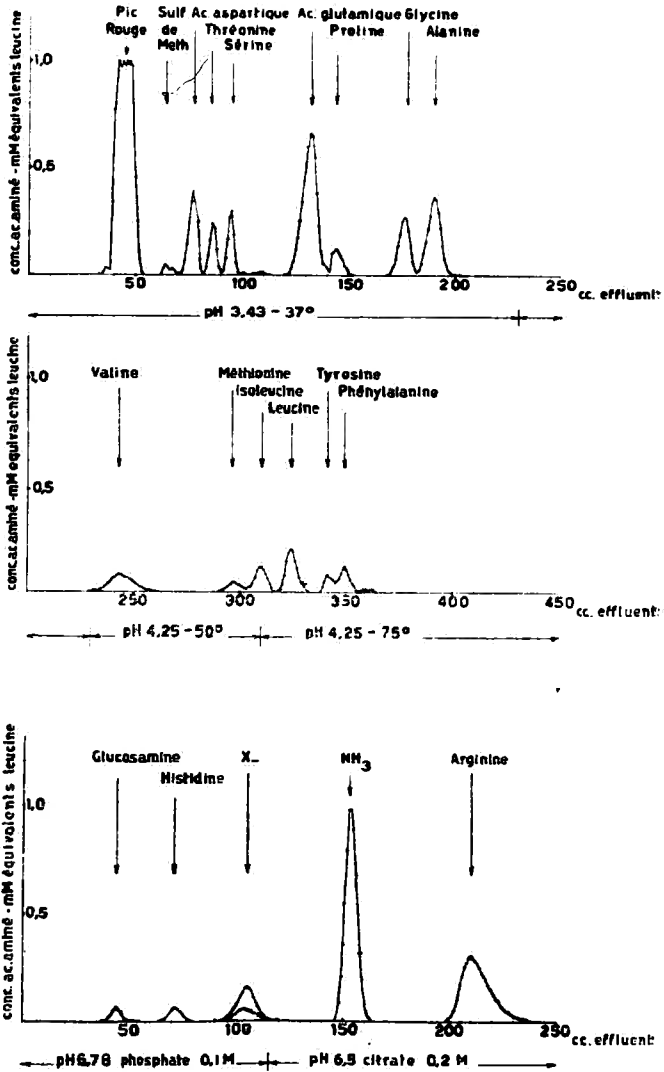


DIAGRAMME II.

Même légende que pour le diagramme I.

L'examen des données numériques condensées dans les tableaux IV, V et VI permet de constater que :

1) Le total des acides aminés récupérés s'élève à 950 mg, soit 55,7% de l'azote total, pour le lot de carottes indigènes du sud du Kwango ; à 1.048 mg, soit 62,2% de l'azote total pour la variété *Nusurupiya* de l'Urundi ; dans la variété *Umusurupiya*, on a retrouvé 2.172 mg d'acides, soit 68,9%. L'azote ammoniacal des hydrolysats représente respectivement 52 mg, soit 22,4% de l'azote total ; 82,8 mg, soit 31,6% et 57,6 mg, soit 10,8%.

Si la récupération en azote aminé est exprimée sur azote corrigé de l'azote ammoniacal dosé dans la farine elle-même, on note 60% pour le manioc indigène du sud du Kwango, 66,2% pour la variété *Nusurupiya* et 69% pour la variété *Umusurupiya*, toutes deux originaires de l'Urundi.

2) On remarquera, d'autre part, la présence de glucosamine dans les trois lots de farine, ainsi que d'hydroxyproline dans le lot du Kwango et dans la variété *Nusurupiya*. Il n'est pas exclu que la glucosamine existe également dans le lot de manioc roui du nord du Kwango [18] ; elle correspondrait à l'un des composés non définis élusés aux environs du pic de la méthionine.

3) La teneur en matière protidique variant du simple au double d'un lot de farine à l'autre, il n'est pas aisé de procéder à la comparaison des résultats entre eux, à moins que les données analytiques soient exprimées sur base molaire ou par rapport aux acides totaux récupérés.

Dans le tableau suivant ont été groupées certaines données permettant de mettre l'accent sur la concordance de certaines valeurs et aussi sur l'écart considérable qui sépare d'autres :

Pour 100 d'acides récupérés	<i>Umusu-rupiyia</i>	<i>Nusu-rupiyia</i>	Kitsako [18]	Panzi
Acides aminés essentiels (Rose)	24,4 %	21,3 %	28 %	27 %
Acides aminés soufrés	2,1 %	2,8 %	2,6 %	3,6 %
Acide aspartique	6 %	7 %	7,2 %	9 %
Acide glutamique	20,9 %	14,5 %	20 %	16,7 %
Ornithine	1 %	28,6 %	16,9 %	8,2 %
Arginine	22,6 %	6,3 %	2,6 %	3,5 %

D'où il résulte ce qui suit :

a) La teneur en acides essentiels est variable d'un lot à l'autre : ceux du Kwango sont plus riches que ceux de l'Urundi ;

b) La proportion d'acides soufrés est faible, mais de même ordre de grandeur ;

c) La dose d'acide aspartique ne paraît pas varier beaucoup dans les quatre lots ;

d) Par contre, l'acide glutamique, l'arginine et l'ornithine sont présents en quantités très variables ; dans le cas particulier de l'acide glutamique, la teneur est moins élevée dans ces lots où il a été possible de mettre de l'hydroxyproline en évidence ;

e) Il se révèle qu'à une teneur élevée en arginine correspond une dose faible d'ornithine et vice-versa, sans qu'il paraisse y avoir de proportionnalité rigoureuse.

Si l'on admet que l'ornithine retrouvée dans les hydrolysats résulte de la dégradation de l'arginine au cours du rouissage et que l'hydroxyproline vient de l'acide glutamique, il est possible, sous toute réserve, de reconstituer les composés « natifs » correspondants. Il suffirait à cet effet de multiplier la teneur en ornithine par  $\frac{174}{132} = 1,318$  pour retrouver l'arginine « native » et la teneur en hydroxyproline par  $\frac{147}{131} = 1,115$  pour retrouver l'acide glutamique « natif ».

On obtient ainsi pour 100 d'acides aminés totaux récupérés :

	<i>Umusu-rupiya</i>	<i>Nusu-rupiya</i>	Kitsako [18]	Panzi
Ornithine dosée	1,0	28,4	16,9	8,2
Arginine correspondante	1,3	36,9	22,3	10,4
Arginine totale	23,9	43,7	24,9	13,9
Hydroxyproline dosée	2,1	—	?	6,2
Ac. glutamique corr.	2,3	—	?	6,9
Ac. glutamique total	23,3	14,5	20,0	23,6

Dans ces conditions, les acides aminés les plus abondants étant l'acide glutamique et l'arginine ainsi que l'alanine, on totalise :

	<i>Umusurupiya</i>	<i>Nusurupiya</i>	Kitsako [18]	Panzi
Acide glutamique	20,9-23,2	14,5-14,5	20,0-20,0	16,7-23,6
Arginine	22,6-23,9	6,3-43,7	2,6-24,9	3,5-13,9
Alanine	6,7- 6,7	6,3- 6,3	7,4- 7,4	10,3-10,3
Total	50,2-53,8	27,1-64,5	30,0-52,3	30,5-47,8

Les totaux varient donc considérablement selon que l'on tient compte ou non d'acides aminés naturels dégradés ou non.

4) Comme la récupération de l'azote des acides aminés conduit à des résultats à peine satisfaisants, on peut supposer ou bien qu'une partie des composants organiques azotés de la carotte de manioc roui ne sont pas des holoprotéines ou même des dérivés aminés, ou bien que l'hydrolyse en milieu chlorhydrique concentré ait détruit une partie de ces composés.

Nous pensons que seule la première des alternatives doit être retenue. En effet :

a) Il a été montré qu'un chauffage d'acides aminés pendant 22 h à 135° C, en présence de HCl 6N et d'amidon ou de glucose, n'entraîne pas des pertes supérieures

à 5% d'acides aminés, sauf pour le tryptophane, la cystine et la méthionine [20]. Ce dernier composé se transforme en sulfone et principalement en sulfoxyde, qui est récupéré quantitativement ; aussi, une correction est-elle apportée à la valeur fournie par le dosage de la méthionine restante. Les deux autres acides aminés attaqués sont dosés sur des prises séparées en suivant une autre technique ;

b) Il est d'autre part plus que probable que des composés sulfurés autres que la cystine, la cystéine et la méthionine existent dans la carotte de manioc roui en proportions variables selon l'échantillon. Nous reviendrons plus loin sur cette question.

5) Le dosage de l'ammoniaque libre dans la farine a fourni des valeurs inférieures à celles retrouvées après dosage chromatographique. Cette ammoniaque préexistante peut provenir (partiellement du moins) de la dégradation d'arginine en ornithine ; d'une dégradation oxydative qui a détruit partiellement ou complètement certains acides aminés (arginine, tyrosine, tryptophane) avec libération d'ammoniaque [15], éventuellement de l'hydrolyse de composés amidés.

Si, d'après le dosage de l'ornithine, nous calculons la quantité d'ammoniaque virtuellement libérée, c'est pour constater que, pour des doses faibles d'ornithine, il y a concordance relative — parfois même parfaite — entre l'ammoniaque retrouvée dans la farine et celle pouvant s'être formée par dégradation de l'ornithine.

Si, par contre, la teneur en ornithine est élevée, la dose d'ammoniaque libre retrouvée dans la farine est toujours déficitaire. Elle correspond, sans doute, à cette quantité que la carotte rouie sèche a pu retenir. Car l'eau, en s'évaporant, aura pu entraîner une partie nullement négligeable de ce composé volatil, à moins qu'une combinaison stable ne se soit réalisée, combinai-

son que les solutions alcalines faibles ne parviennent qu'à détruire partiellement à 40° C.

Nous ne pouvons donc faire état de cette valeur qu'avec les réserves les plus expresses.

Le tableau suivant résume ces observations.

*Ammoniaque en mg pour 100 g de farine sèche.*

	<i>Umusu-rupiya</i>	<i>Nusu-rupiya</i>	Kitsako [18]	Panzi
Totale (dosage chromatographique)	70,0	100,0	113 (1)	52,0
Préexistante dans la farine	11,3	19,5	33,0	18,6
Pouvant provenir de la dégradation de l'arginine (dosage de l'ornithine)	5,4	80,5	54,3	20,0
Libérée par hydrolyse acide 6N	58,7	80,5	80,0	33,4

Si l'on calcule, d'après la teneur en diacides, la quantité d'ammoniaque que l'hydrolyse de l'asparagine et de la glutamine aurait pu libérer, on constate :

*Ammoniaque libérable des amides.*

	<i>Umusu-rupiya</i>	<i>Nusu-rupiya</i>	Kitsako [18]	Panzi
Acide aspartique	16,5	9,4	11,4	10,9
Acide glutamique	52,2	17,5	29,6	18,4
Total :	68,7	26,9	41,0	29,3

Rien ne s'oppose à admettre qu'une partie au moins des acides dibasiques puisse exister dans la carotte de manioc sous une forme amidée. Seulement, cette proportion éventuelle ne paraît pas devoir être la même dans les trois cas :

a) Dans la variété *Umusurupiya*, on pourrait même admettre qu'une partie des acides existe à l'état libre comme il a été trouvé par d'autres auteurs, notamment dans le *Ray-Grass* ;

2) Dans le lot de manioc roui récolté au village coutumier de Panzi la concordance est près d'être remarqua-

(1) Valeurs non corrigées.

ble et tous les diacides pourraient bien préexister sous la forme amidée ;

3) Dans la variété *Nusurupiya* et la variété indigène de Kitsako, ce ne paraît nullement être le cas. Même si tous les diacides étaient primitivement combinés sous une forme amidée, il resterait un fort pourcentage d'ammoniaque libérée par l'hydrolyse.

§ 3. En 1951 il avait été demandé au Service de l'Agriculture du Ruanda-Urundi de récolter à notre intention, sur un même champ, un lot de manioc, dont une moitié serait séchée au soleil, alors que l'autre serait mise à rouir selon la pratique en usage dans la région. Nous tenions à comparer entre elles les compositions chimiques de deux lots de manioc, l'un étant roui, l'autre simplement séché.

Libellé des échantillons :

Variété : *Nusurupiya*.

Origine : Colline Mwegereza ;

s/chef KASAGE ;

Chef RUKERE ;

Région naturelle : Kumosso ;

Territoire de Ruyigi ;

Époque de la récolte : juillet 1951 ;

Échantillon I : pelé, séché au soleil ;

Échantillon II : roui, pelé, séché au soleil.

Composition chimique sommaire pour 100 parties de farine sèche :

	I	II
Matières minérales totales	2,4	1,0
Azote total	0,298	0,224
Matières azotées totales (5,83)	1,74	1,31
Matière grasse	0,80	0,75
Matières cellulosiques	2,55	2,94
Hydrates de carbone (différence)	92,52	94,01
Ammoniaque (N mg %)	2,0	14,2
Acidité (ac. sulfurique mg %)	90,0	44,0

TABLEAU VII. — *Hydrolysats de farine de manioc non roui. Variété Nusurupiya.*

Coll. : Mwegereza ; s/chef : KASAGE ; chef : RUKERE.

Rég. nat. : Kumosso, territoire d'Usumbura (Urundi).

Récolté en 1951.

Composition de 100 g de produit sec (N=298 mg) (1)

	mM	mg acide aminé	mg anhydride	mg N	% sur base molaire
Ac. aspartique	0,86	116	100	12,2	7,6
Ac. glutamique	2,83	350	307	33,4	21,0
Proline	0,48	55	47	6,7	4,3
Glycocolle	0,92	69	52	13,0	8,1
Alanine	1,22	109	88	17,3	10,8
Valine	0,57	68	58	8,2	5,0
Isoleucine	0,42	56	48	5,2	3,7
Leucine	0,68	89	77	9,5	6,0
Sérine	0,59	63	52	8,4	5,2
Thréonine	0,52	62	53	7,3	4,6
Méthionine (2)	0,15	22	21	2,2	1,3
Tyrosine	0,19	34	31	2,7	1,7
Phénylalanine	0,38	64	57	12,4	3,4
Histidine	0,18	29	26	8,0	1,6
Lysine	0,44	65	57	12,4	3,9
Arginine	0,90	158	136	51,0	8,0
Ornithine	0,09	12	11	2,6	0,8
Glucosamine	0,04	6	—	0,5	0,4
Hydroxyproline					
1/2 cystine	0,19	23	19	3,2	1,7
Tryptophane	0,08	18	16	2,5	0,7
Total	11,30	1468	—	211,7	99,8
NH <sub>3</sub> (corrige)	2,51	43	—	35,2	
Total général				246,9	
N total (microkjeldahl)				298,0	
Rendement				82,8 %	

(1) Chiffres moyens de deux déterminations sur hydrolysats différents.

(2) Méthionine + (sulfoxyde + 20 %).



TABLEAU VIII. — *Hydrolysats de farine de manioc roui. Variété Nusurupiya.*

Coll. : Mwegereza ; s/chef : KASAGE ; chef : RUKERE.

Rég. nat. : Kumosso, territoire d'Usumbura (Urun-di).

Récolté en 1951.

*Composition de 100 g de produit sec (N=224 mg) (1).*

	mM	mg acide aminé	mg anhydride	mg N	% sur base molaire
Ac. aspartique	0,72	97	84	10,0	9,0
Ac. glutamique	0,78	114	100	10,9	9,7
Proline	0,33	39	33	4,8	4,1
Glycocolle	0,66	49	37	9,2	8,2
Alanine	0,83	74	59	11,8	10,3
Valine	0,47	54	46	6,5	5,9
Isoleucine	0,37	48	41	5,1	4,6
Leucine	0,56	74	64	7,9	7,0
Sérine	0,43	45	37	6,0	5,4
Thréonine	0,41	49	41	5,7	5,1
Méthionine (2)	0,13	20	17	1,9	1,6
Tyrosine	0,14	26	23	2,0	1,8
Phénylalanine	0,30	50	39	4,3	3,7
Histidine	0,13	20	17	5,3	1,6
Lysine	0,42	62	54	11,9	5,2
Arginine	0,27	47	42	15,2	3,4
Ornithine	0,13	17	15	3,7	1,6
Glucosamine	0,07	13	—	1,1	0,9
Hydroxyproline	0,75	99	85	10,6	9,3
1/2 cystine	0,10	12	10	1,4	1,3
Tryptophane	0,02	4	4	0,6	0,2
Total	8,05	1013	—	135,9	99,9
NH <sub>3</sub> (corrigé)	1,86	32	—	26,0	
Total général				161,9	
N total (microkjeldahl)				224,0	
Rendement				71,8 %	

(1) Chiffres moyens de deux déterminations sur hydrolysats différents.

(2) Méthionine + (sulfoxyde + 20 %).

1) En examinant les diagrammes se rapportant à l'analyse du manioc *Nusurupiya* roui et non roui, préparé à notre intention en 1951, on remarquera qu'outre les pics dus aux acides aminés et aux produits de dégradation des glucides, il y a :

a) Dans les deux lots, roui et non roui, un petit pic avant l'histidine ;

b) Dans le roui, deux pics à l'endroit de la méthionine et un pic, dont les fractions donnent une coloration jaune après développement avec la ninhydrine à pH 5, situé entre le pic rouge et le sulfoxyde de méthionine.

Il a été admis ce qui suit :

a) Le petit pic situé avant celui correspondant à l'histidine pouvait être dû à de la glucosamine parce que c'est l'endroit où normalement ce composé élue. On constatera qu'il existe en faibles proportions dans la farine non rouie, en quantités plus élevées dans la farine rouie. C'est sans doute pour ce motif que nous retrouvons également un pic aux environs de la méthionine, alors que dans le lot non roui il n'y en a pas ;

b) Le pic jaune passant entre le pic rouge et l'acide aspartique pourrait bien être de l'hydroxyproline ; ce composé ne se retrouve pas dans le manioc non roui.

2) Le total des acides aminés récupérés s'établit comme suit :

a) Manioc non roui : 1.450 mg, soit 70% de l'azote total ; l'azote ammoniacal représente à lui seul 43 mg, soit 11,8% de l'azote total ;

b) Manioc roui : 1.009 mg, soit 60% de l'azote total ; l'azote ammoniacal représente 32 mg, soit 10,7% de l'azote total.

La quantité d'azote ammoniacal dosée dans la farine s'élève respectivement à 2,4 mg, soit 0,8% de l'azote

total et 21,1 mg, soit 9,4%. L'action de l'acide 6N se traduit donc, dans les deux cas, par une libération importante d'ammoniaque, proportionnellement supérieure dans le lot non roui que dans le roui.

Calculée sur azote corrigé (azote ammoniacal de la farine déduit), la récupération devient de l'ordre de 70,8% dans le manioc non roui et de 66,7% dans le lot roui.

3) Dans le tableau suivant ont été groupées quelques données numériques exprimées par rapport à 100 d'acides aminés dosés :

	Non roui	Roui
Acides aminés essentiels (ROSE)	30,0	35,7
Acides aminés soufrés	5,9	4,2
Acide aspartique	8,0	9,6
Acide glutamique	24,1	11,3
Ornithine	0,8	1,7
Arginine	10,9	4,7

a) Proportionnellement, la teneur en acides essentiels paraît être plus affectée par le simple séchage de la matière fraîche au soleil que par le rouissage suivi du séchage de la matière fortement humectée ;

b) La proportion d'acides soufrés est plus élevée dans le lot non roui que dans le lot roui où elle est comparable à celle trouvée dans les autres échantillons de farine obtenue à partir de carottes ayant séjourné dans l'eau avant séchage en plein soleil ;

c) L'acide glutamique paraît avoir été fortement affecté par le rouissage. Le présent lot roui est, de tous ceux examinés jusqu'ici, celui qui est le plus pauvre en cet acide aminé, qui paraît donc bien pouvoir être rangé parmi les composés variables ;

d) A une faible teneur en ornithine correspond habituellement une dose plus élevée en arginine et vice-versa, sans qu'il y ait une proportionnalité rigoureuse ;

e) L'hydroxyproline n'a pu être décelée que dans le manioc roui où aussi l'acide glutamique est présent en proportions moins élevées.

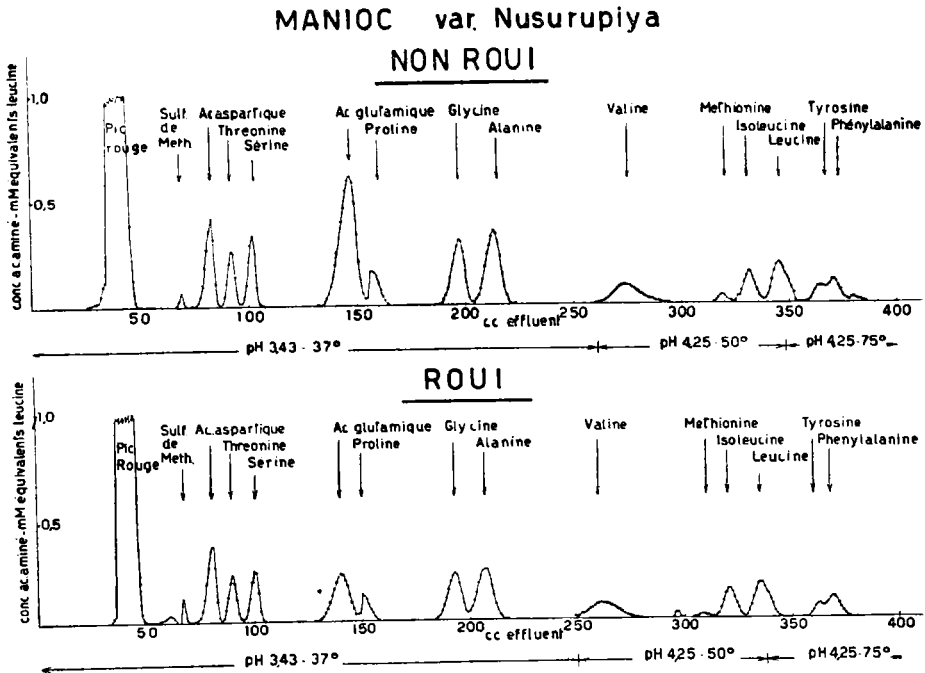


DIAGRAMME III.

Colonnes de 100 cm. *En bas* : « Roui ». Le petit pic situé entre le pic rouge et le sulfoxyde de méthionine, pourrait bien être de l'hydroxyproline et l'un des petits pics de la région de la méthionine, de la glucosamine.

Si dès lors on admet que l'ornithine provient de la dégradation de l'arginine et que l'hydroxyproline se forme aux dépens de l'acide glutamique, on peut calculer les teneurs « primaires » en ces composés.

	Non roui	Roui
Ornithine dosée	0,8	1,7
Arginine correspondante	1,1	3,0
Arginine totale	12,0	7,7
Hydroxyproline dosée	—	9,8
Acide glutamique correspondant	—	11,0
Acide glutamique total	24,1	22,3

Dans ces conditions :

a) Abstraction faite du fait que ces lots sont moins riches en arginine que ceux examinés jusqu'ici, la teneur en arginine « primaire » est moindre dans le lot roui que dans le lot non roui ;

### MANIOC var Nusurupiya

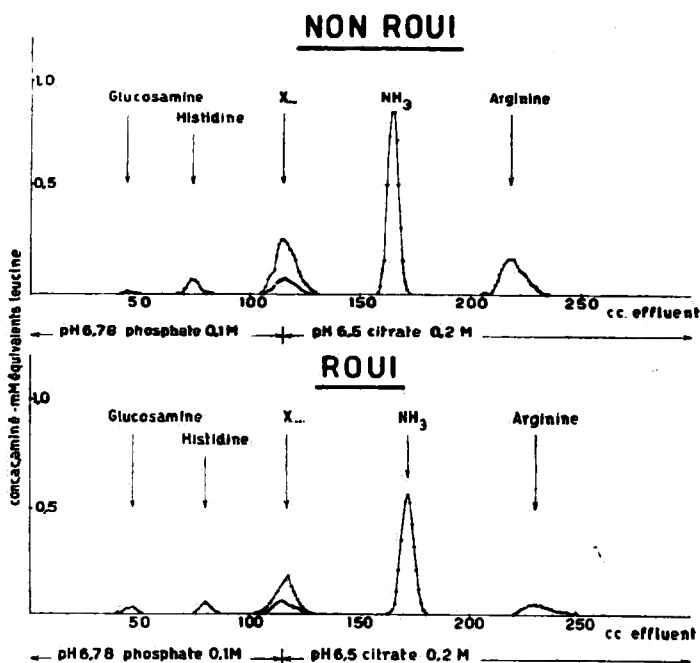


DIAGRAMME IV.

Colonnes de 15 cm. Les 20 premières fractions comprennent le mélange de l'ensemble des constituants séparés sur la colonne de 100 cm.

X comprend deux pics partiellement superposés. Celui dessiné en traits pleins (—) correspond à la somme (lysine + ornithine) exprimée en équivalents « leucine », celui — plus petit — dessiné en pointillé (.....) à l'ornithine « brute », c'est-à-dire à la somme (ornithine + environ 1/4 de la lysine).

b) Les teneurs en acide glutamique deviennent parfaitement comparables.

4) Dans les deux cas, la récupération de l'azote des

acides aminés est particulièrement faible, bien que la proportion d'azote ammoniacal ne soit pas tellement élevée. Les considérations émises plus haut restent valables dans ce cas : il n'est nullement exclu qu'une partie de l'azote « total » de la farine ne soit pas d'origine protidique.

5) Le dosage de l'ammoniaque libre dans la farine a fourni des valeurs inférieures à celles trouvées après dosage chromatographique dans les hydrolysats des mêmes farines :

*Ammoniaque en mg pour 100 g de farine sèche.*

	Non rouie	Rouie
Totale (dosage chromatographique)	43,0	32,0
Préexistante dans la farine	2,4	21,1
Pouvant provenir de la dégradation de l'arginine (dosage de l'ornithine)	3,0	4,4
Libérée par hydrolyse à l'acide 6N	40,6	10,9

*Ammoniaque libérable des amides.*

	Non rouie	Rouie
Acide aspartique	10,0	9,2
Acide glutamique	33,3	21,2
Total	43,3	30,4

Dans la farine provenant des *carottes non rouies*, il semblerait que l'ammoniaque préexistante puisse venir de la dégradation de l'arginine, mais aussi que la grosse majorité des diacides puisse exister dans la farine sous une forme amidée.

Dans la farine provenant des *carottes rouies*, ce n'est nullement le cas : la quantité d'ammoniaque totale dosée par la voie chromatographique correspond, à peu de chose près, à celle libérable des amides, même si une faible quantité de diacides peut se trouver dans la farine à l'état non combiné.

§ 4. Fréquemment les carottes rouies et séchées au soleil sont brunâtres. Aussi est-il courant de voir les ménagères noires enlever cette couche extérieure, soit par grattage, soit en coupant de fines pellicules de chair séchée.

On pouvait se poser la question de savoir si la composition chimique de la couche extérieure est rigoureusement identique à celle de la carotte nettoyée, considérant que certaines réactions biochimiques pourraient se faire préférentiellement à la surface plutôt que dans le corps même de la carotte.

Un échantillon de 627 g de carottes rouies et séchées, d'aspect extérieur brunâtre et présentant l'odeur typique de manioc roui, récoltées par nos soins à Panzi-Massuwa (sud du Kwango) fut débarrassé quantitativement de la partie extérieure. Celle-ci représentait 23,1% de la masse totale.

Chacun des deux lots fut étudié séparément après mouture fine.

*Composition chimique pour 100 parties de matière sèche :*

	Couche extérieure	Carotte nettoyée
Matières minérales totales	2,87	1,32
Azote total	0,398	0,183
Matières azotées totales (5,83)	2,32	1,07
Ammoniaque (N, mg %)	10,65	16,67
Acidité (ac. sulfurique, mg %)	577,00	323,00

1) On remarquera que la couche extérieure est plus fournie en matières minérales, apportées partiellement par le vent lors du séchage de la carotte au soleil ;

2) Entraînées sans doute du centre de la carotte par l'eau, lors de l'évaporation de celle-ci, une partie des matières azotées solubles peut s'être déposée dans les parties périphériques : ceci explique la teneur plus élevée en azote total de la couche extérieure ;

3) Que l'acidité soluble dans l'eau y soit plus élevée que dans le corps même de la carotte n'a rien qui doive surprendre, si l'on admet qu'elle peut provenir en grande partie de l'oxydation et de la décomposition d'acides gras polyéthyléniques présents dans le manioc ;

4) Qu'il y ait plus d'ammoniaque dans le corps de la carotte que dans la couche extérieure montrerait ou bien que l'évaporation de ce composé volatil y ait été plus forte qu'à l'intérieur même ou bien que la dégradation d'acides aminés ou de protides bruts aurait été plus poussée dans le corps de la carotte qu'à la périphérie. Nous croyons toutefois que la première explication peut prévaloir.

L'examen des données numériques condensées dans les tableaux IX et X permet de constater que :

1) La récupération des acides aminés et de l'azote ammoniacal est la suivante dans les deux cas :

	Couche extérieure	Carotte nettoyée
Acides aminés totaux	1.710 mg	725 mg
% de l'azote total	60,5 %	54,2 %
% de l'azote corrigé	63,7 %	60,0 %
Azote ammoniacal	55,2 mg	38,7 mg
% de l'azote total	14 %	21,1 %

2) On remarquera que les deux lots contiennent de la glucosamine, en quantités à peine décelables dans la couche extérieure, en quantités parfaitement dosables dans la carotte pelée, celle-ci contenant également de l'hydroxyproline ;



TABLEAU IX. — *Hydrolysats de la partie extérieure de carottes de manioc indigène roui.*

Récoltées en 1948 à  
Panzi-Massuwa (sud du Kwango).

Composition de 100 g de produit sec ( $N = 398$  mg) <sup>(1)</sup>.

	mM	mg acide aminé	mg anhydride	mg N	% sur base molaire
Ac. aspartique	1,24	165	141	17,3	9,1
Ac. glutamique	2,23	328	288	31,3	16,4
Proline	0,61	70	59	8,5	4,5
Glycocolle	0,99	74	56	13,9	7,3
Alanine	1,98	176	141	27,7	14,6
Valine	0,61	72	61	8,5	4,5
Isoleucine	0,41	54	46	5,8	3,0
Leucine	0,71	92	80	9,9	5,2
Sérine	0,74	78	65	10,4	5,4
Thréonine	0,54	65	55	7,6	4,0
Méthionine <sup>(2)</sup>	0,27	39	35	3,7	2,0
Tyrosine	0,27	49	44	3,8	2,0
Phénylalanine	0,43	72	64	6,1	3,2
Histidine	0,17	27	24	7,3	1,2
Lysine	0,29	43	38	8,2	2,1
Arginine	0,50	87	79	28,3	3,7
Ornithine	1,23	163	141	34,5	9,0
Glucosamine		présence			
1/2 cystine	0,28	33	28	4,6	2,1
Tryptophane	0,11	23	21	3,2	0,8
Total	13,61	1710		240,6	100,1
NH <sub>3</sub> (corrigé)	3,95	67		55,2	
Total général				295,8	
N total (microkjeldahl)				398,0	
Rendement				74,3 %	

<sup>(1)</sup> Chiffres moyens de deux déterminations.

<sup>(2)</sup> Méthionine + (sulfoxyde + 20 %).

TABLEAU X. — *Hydrolysats de la partie intérieure de carottes de manioc indigène roui.*

Récoltées en 1948 à  
Panzi-Massuwa (sud du Kwango).

Composition de 100 g de produit sec (N = 183 mg) (1).

	mM	mg acide aminé	mg anhydride	mg N	% sur base molaire
Ac. aspartique	0,46	62	54	6,5	7,9
Ac. glutamique	0,74	109	95	10,3	12,7
Proline	0,22	25	21	3,0	3,8
Glycocolle	0,41	31	23	5,7	7,0
Alanine	0,83	74	59	11,7	14,3
Valine	0,24	28	24	3,4	4,1
Isoleucine	0,19	25	22	2,7	3,3
Leucine	0,37	48	42	5,2	6,4
Sérine	0,26	27	22	3,6	4,5
Thréonine	0,21	25	21	3,0	3,6
Méthionine (2)	0,08	12	10	1,1	1,4
Tyrosine	0,09	17	15	1,3	1,6
Phénylalanine	0,17	28	25	2,4	2,9
Histidine	0,08	13	11	3,5	1,4
Lysine	0,16	23	20	4,4	2,7
Arginine	0,15	26	23	8,3	2,6
Ornithine	0,40	53	45	11,2	6,9
Glucosamine	0,02	4	—	0,3	0,3
Hydroxyproline	0,59	77	66	8,2	10,1
1/2 cystine	0,09	11	9	1,5	1,6
Tryptophane	0,06	14	13	1,9	1,0
Total	5,82	725		99,2	100,1
NH <sub>3</sub> (corrigé)	2,77	47		38,7	
Total général				137,9	
N total (microkjeldahl)				183,0	
Rendement				75,3 %	

(1) Chiffres moyens de deux déterminations.

(2) Méthionine + (sulfoxyde + 20 %).

# MANIOC INDIGÈNE ROUI. Panzi-Kwango.

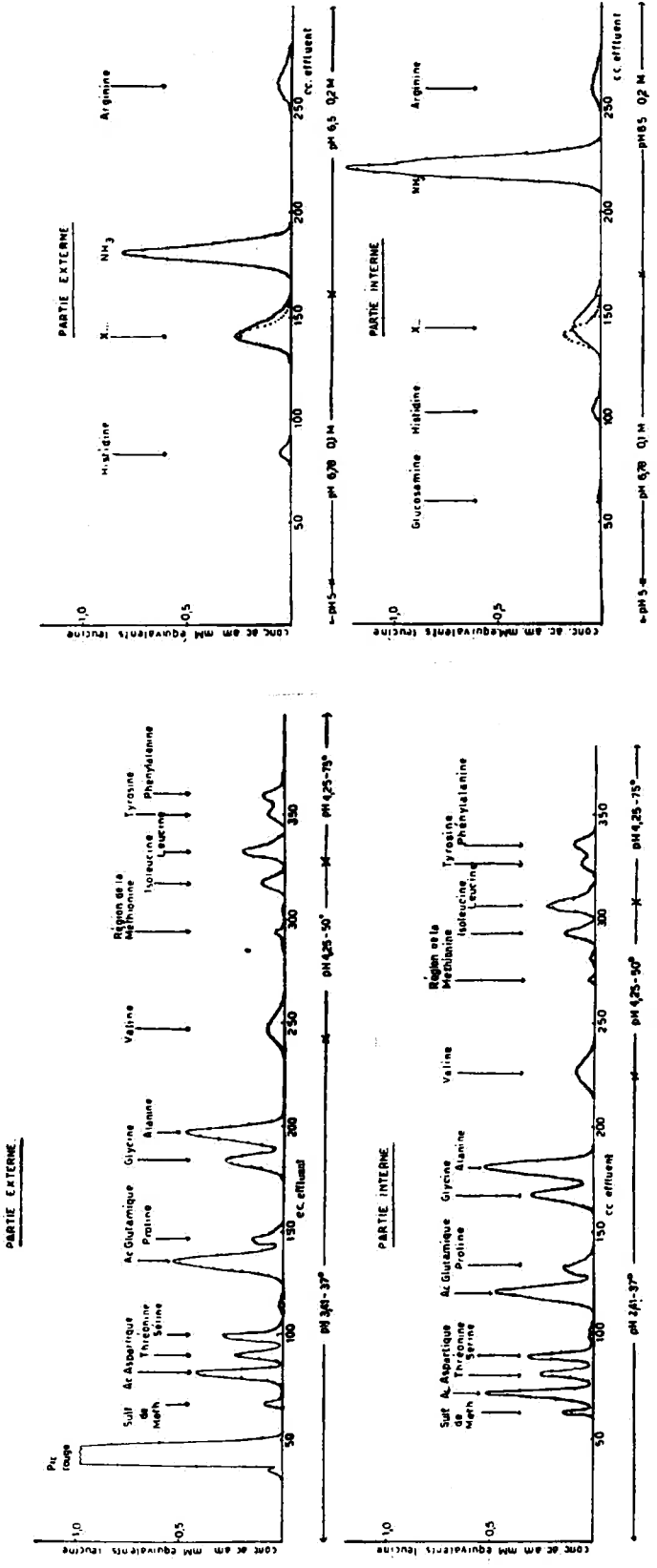


DIAGRAMME V.

*Première partie :* colonnes de 100 cm. Mêmes remarques que dans le diagramme III en ce qui concerne la région de la méthionine. Pour la partie interne, le pic rouge n'a pas été dessiné.

*Deuxième partie :* colonnes de 15 cm. Même remarque que dans le diagramme IV pour les pics X.

3) Dans le tableau suivant sont groupées certaines données exprimées par rapport à 100 d'acides totaux récupérés :

	Couche extérieure	Carotte nettoyée
Acides aminés essentiels (ROSE)	26,9 %	28,0 %
Acides aminés soufrés	4,2 %	3,2 %
Acide aspartique	9,6 %	8,6 %
Acide glutamique	19,2 %	18,0 %
Ornithine	9,5 %	7,3 %
Arginine	5,1 %	3,6 %

Si l'on admet que l'ornithine résulte de la dégradation de l'arginine et que l'hydroxyproline peut provenir de l'acide glutamique, on obtient pour 100 g d'acides aminés récupérés :

	Couche extérieure	Carotte nettoyée
Ornithine dosée	9,5	7,3
Arginine correspondante	12,5	9,6
Arginine totale	17,6	13,2
Hydroxyproline dosée	—	10,6
Acide glutamique correspondant	—	11,8
Acide glutamique total	19,2	29,8

Les acides aminés les plus abondants étant l'acide glutamique, l'arginine et l'alanine, on totalise pour ces composés, présents dans les lots de farine et « natifs » ou présumés à un moment donné de la vie de la plante, respectivement :

	Couche extérieure		Carotte nettoyée	
Acide glutamique	19,2	19,2	18,0	29,8
Arginine	5,1	17,6	3,6	13,2
Alanine	10,3	10,3	20,2	10,2
Total	34,6	47,7	31,8	53,2

4) Si, dans l'ensemble, il ne paraît pas y avoir, au point de vue teneur en acides aminés, une différence essentielle entre les deux lots du même échantillon de carottes de

manioc, il se remarque pourtant que, sur les 19 composés aminés communs, les acides dibasiques, la proline, la sérine et l'ornithine dominent dans la partie extérieure ; seules les leucines paraissent dominer dans l'intérieur. Quant aux autres acides aminés, bien que, dans l'ensemble, les proportions soient plus élevées dans la couche extérieure, les différences sont trop faibles pour donner lieu à des commentaires ;

5) La seule différence vraiment importante est le fait que, dans la carotte nettoyée, l'azote ammoniacal représente 21,1% de l'azote total, alors que, dans la partie extérieure, elle tombe à 14%.

Mais si l'on tient compte du fait que l'azote ammoniacal libre, dans la carotte, s'élève à 10,65 mg % dans la couche extérieure et à 16,67 mg % dans la partie centrale, ces valeurs deviennent respectivement 44,6 et 22,2, ce qui reviendrait à dire que l'hydrolyse par les acides forts aurait libéré respectivement 11,2 et 12,1 mg % d'azote ammoniacal.

En outre, le dosage de l'ammoniaque libre dans la farine a fourni, comme dans chacun des échantillons étudiés, des valeurs inférieures à celles retrouvées après dosage chromatographique, ammoniaque qui, dans les deux cas, peut être attribuée partiellement à des amides.

Ceci résulte du tableau suivant :

*Ammoniaque en mg pour 100 g de farine sèche :*

	Couche extérieure	Carotte nettoyée
Totale (dosage chromatographique)	67,0	47,0
Préexistante dans la farine	12,9	20,2
Pouvant provenir de la dégradation de l'arginine (dosage de l'ornithine)	42,0	13,7
Libérée par HCl 6N	44,1	26,8
Ammoniaque libérable des amides :		
Acide aspartique	21,0	8,0
Acide glutamique	38,0	12,6
Total	59,0	20,6

On en déduirait ce qui suit :

1) Il doit y avoir une forte évaporation d'ammoniaque à la surface de la carotte, puisque nous n'y retrouvons qu'un peu plus du quart de la quantité virtuellement libérée par l'ornithine. Dans la partie intérieure, au contraire, l'excédent d'ammoniaque libre peut provenir ou de l'hydrolyse de dérivés amidés ou de la dégradation de certaines fonctions aminées ;

2) Il semble aussi que, lors du séchage, la plus grosse partie des composés diacides, qui peuvent être, en ordre principal, des acides libres, montre une tendance à migrer vers l'extérieur, alors que, dans le corps même de la carotte, il n'est pas exclu que les diacides restants se trouvent sous une forme amidée.

## CHAPITRE III

RECHERCHES SPÉCIALES  
SUR CERTAINS ACIDES AMINÉS DU MANIOC.

## § 1. ARGININE ET ORNITHINE.

1. — *État de la question* (1).

Au cours du chapitre précédent, l'attention a été attirée à plusieurs reprises sur le fait que les hydrolysats de farine de manioc contiennent des quantités parfois importantes d'ornithine et que c'était peut-être bien la première fois que pareil fait était signalé dans les végétaux supérieurs.

Il est connu, en effet, que tous les champignons inférieurs peuvent produire de l'urée dans des proportions dépendant à la fois de l'espèce et du milieu sur lequel elles se développent [24], [25]. L'une des sources pourrait bien être l'arginine, transformée en ornithine avec mise en liberté d'urée. Récemment encore, il a été signalé, dans des hydrolysats de champignons comestibles, la présence d'un composé non déterminé dont le Rf est voisin de celui de l'ornithine.

Il y a lieu de préciser toutefois que :

1) Selon les auteurs, 60 à 90% de l'urée totale seraient produits par cette voie et de 20 à 40% par une autre, non encore connue ;

(1) Une note préliminaire a été publiée sur ce sujet par E. J. BIGWOOD, E. L. ADRIAENS et O. MÉDARD (*Arch. internat. de Physiol.*, IX, 1952, 217).

2) Selon IWANOFF [27], un certain nombre de champignons, en culture pure, produisent de l'urée et ce même en proportions élevées, quand le milieu est enrichi en ammoniacque ;

3) La dégradation de l'arginine paraît être nulle quand le milieu contient l'acide aminé à l'état pur, mais peut se faire quantitativement en présence des produits d'hydrolyse des protéines.

L'arginine paraît également être un acide aminé assez sensible à l'action d'agents extérieurs. Il a été montré notamment que lors du désalage électrolytique de solutions d'acides aminés, l'arginine se transforme en ornithine, sans pourtant que les résultats soient rigoureusement reproductibles [28].

Revenons-en au manioc, pour constater que :

1) Tous les lots, qu'ils soient rouis ou non, renferment de l'ornithine, en proportions variables d'un échantillon à l'autre ;

2) A une teneur élevée en arginine semble correspondre une teneur moins élevée en ornithine et vice-versa ;

3) Plus la dose de sels d'ammonium libres dans la farine est élevée, plus aussi la quantité d'ornithine est importante.

L'ornithine est-elle un constituant normal des protides du manioc ou bien s'est-elle formée dans les tissus au cours des manipulations diverses que nécessite la destruction des composés cyanogénétiques de la variété amère? Dans cette alternative, à quel stade se fait la dégradation de l'arginine?

En vue d'élucider ce problème, il a été procédé au dosage, par voie chromatographique, de l'arginine et de l'ornithine dans plusieurs lots de manioc roui et non roui.



2. — *Considérations préliminaires sur le dosage de l'ornithine.*

Il est connu que les points isoélectriques de la lysine et de l'ornithine sont très voisins : respectivement 9,71 et 9,74. Il est dès lors à prévoir que l'éluion des deux acides aminés par la même solution tampon n'entraînera pas une séparation quantitative ; tout au plus l'allure de la courbe permettra-t-elle de déceler la présence de deux composés.

Pour être réactif spécifique de l'ornithine et de la proline, la ninhydrine en milieu acide réagit pourtant avec la lysine, de sorte que la densité optique à  $515\text{ m}\mu$  sera accrue en présence de cet acide aminé.

Comme il n'est pas possible, comme le recommande CHINARD [22], d'éliminer la lysine du milieu, force est d'introduire dans les calculs un facteur de correction. Afin d'en estimer le montant, il a été procédé à une série d'essais préliminaires sur la lysine (monochlorhydrate +  $\text{H}_2\text{O}$ , MERCK, U. S. A.), sur l'ornithine (dichlorhydrate HOFFMANN-LAROCHE) et sur des mélanges synthétiques, en proportions variables, des deux constituants.

Les résultats obtenus sont condensés dans le graphique VI où, en ordonnée, sont reproduit les mM d'acide aminé (leucine) et en abscisse le numéro de la fraction correspondante. Le trait plein (—) correspond au mélange lysine-ornithine dosé par la ninhydrine à pH 5 ; le trait interrompu (...) aux résultats fournis par le dosage à la ninhydrine en milieu acide.

On peut en déduire que :

- 1) Le réactif de CHINARD réagit positivement avec la lysine dans certaines limites de concentration, le rendement n'atteint pas 100% ;
- 2) Dans le mélange synthétique, l'ornithine est éluee en premier lieu ; au point culminant de la courbe du

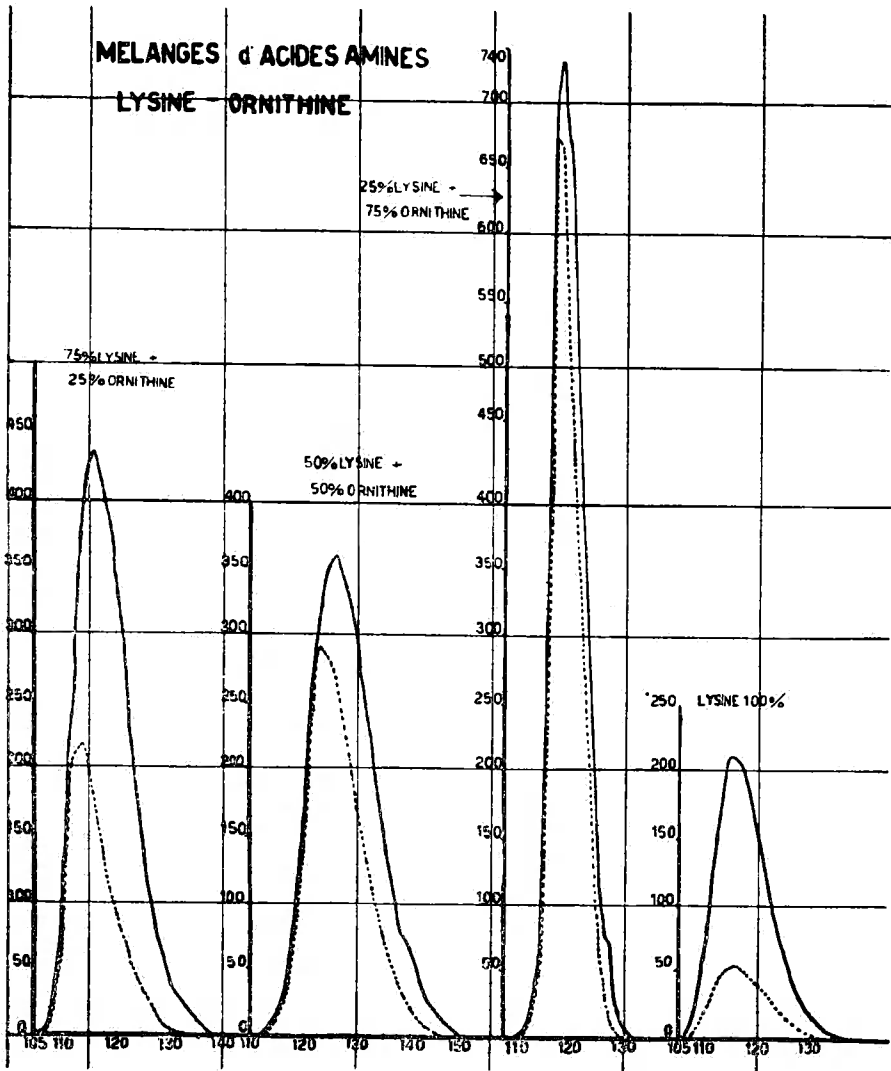


DIAGRAMME VI.

MÉLANGES SYNTHÉTIQUES DE LYSINE ET D'ORNITHINE.

Les graphiques correspondent aux mélanges suivants : 1) 75 lysine + 25 ornithine ; 2) 50 lysine + 50 ornithine ; 3) 25 lysine + 75 ornithine.

Le dernier graphique est obtenu avec de la lysine pure. Il montre clairement l'action du réactif de CHINARD sur ce dernier acide aminé.

La courbe dessinée en traits interrompus (.....) exprime les résultats obtenus avec le réactif de CHINARD. Celle en traits pleins (—), ceux avec la ninhydrine à pH 5.

mélange, correspond aussi le maximum de la courbe fournie par le réactif de CHINARD ;

3) Du fait que l'ornithine sort en premier lieu, la courbe correspondant au mélange réagissant avec la ninhydrine à pH 5 et celle fournie par la réaction en milieu fortement acétique, coïncident au début ; dans la seconde moitié du graphique il y a une dissociation très nette, pour autant que la quantité de lysine présente soit dosable ;

4) Du fait aussi que la lysine réagit positivement avec le réactif de CHINARD, la courbe attribuée à l'ornithine est faussée et fournit à l'intégration des valeurs trop élevées pour cet acide aminé. Si l'on défalque sans plus cette valeur du total obtenu pour le mélange des deux constituants réagissant simultanément avec la ninhydrine à pH 5, on trouvera des résultats trop faibles pour la lysine. Il importe dès lors d'introduire un facteur de correction que nous avons trouvé expérimentalement être voisin de 25,9% de la quantité de lysine mise en œuvre.

Cette valeur moyenne a été calculée d'après les données fournies par le dosage des constituants des mélanges synthétiques des deux acides aminés ainsi que de la lysine pure, produits dont l'origine a été donnée plus haut et qui ont été séchés le plus parfaitement possible. Il est bien entendu qu'elle n'a été adoptée que sous réserve. En effet, à des concentrations faibles, la sensibilité de la lysine envers la ninhydrine à pH 5 paraît être abaissée et peut donc fournir des résultats légèrement trop faibles.

Soient :

$a$ , la quantité nette de lysine pour 100 du mélange ;

$b$ , la quantité nette d'ornithine pour 100 du mélange ;

$c$ , le mélange ( $a + b$ ) obtenu par intégration des courbes correspondant à la réaction à la ninhydrine à pH 5 ;

$b'$ , la quantité d'ornithine brute obtenue par intégration des courbes correspondant à la réaction à la ninhydrine en milieu acide ;

$a'$ , la part de l'ornithine brute qui correspond en réalité à la lysine.

On peut écrire :

$$c = a + b ; b' = b + a' ; a' = 25,9\% \text{ de la lysine d'où } b = b' - 0,259 a ; a + (b' - 0,259 a) = c ;$$

$$a = \frac{c - b'}{0,741}.$$

#### *Technique du dosage de l'ornithine.*

Environ 2 g de farine de manioc sont hydrolysés à 135° C pendant 20 h en présence de 200 cm<sup>3</sup> de HCl 6N. L'hydrolysate est alors concentré et le sirop est porté à 10 cm<sup>3</sup> au moyen d'acide N/10. Selon la richesse de l'extrait en protides, une quantité déterminée est mise sur colonne à échangeurs de cations, longue de 15 cm, portée à pH 5. On élimine préalablement les acides aminés acides et neutres, puis on élue successivement à la température ambiante, par du tampon phosphate à pH 6,78 — 0,1 M et par du tampon citrate à pH 6,5 — 0,2 M. Pour avoir des résultats comparables entre eux, il est recommandé d'opérer toujours avec la même colonne, soigneusement régénérée par NaOH 0,2 N. D'autre part, il est absolument indispensable de ne changer de tampon que lorsque tout le mélange lysine-ornithine a complètement élué.

Normalement, on peut se contenter de recueillir 120 fractions au tampon 6,78 ; les fractions intéressantes s'étalant de la 80<sup>me</sup> à la 120<sup>me</sup> fraction.

Dans chacune de celles-ci, on prélève, au moyen d'une micropipette, deux fois 0,2 cm<sup>3</sup> d'éluat qui sont portés dans des tubes séparés ; on complète à 1 cm<sup>3</sup> avec du tampon phosphate et on porte à pH 5 au moyen d'une goutte de HCl 2N.

Une série de tubes est soumise à la réaction à la ninhydrine à pH 5, elle fournira par intégration la somme nette (lysine + ornithine) ; sur l'autre série, on fait agir le réactif de CHINARD, l'intégration des résultats donnera la somme (ornithine + lysine ayant réagi positivement).

### 3. — *Données expérimentales.*

TABLEAU XI.

*Libellé et composition chimique sommaire des lots soumis à examen.*

Numéro d'ordre	Variété	Origine	N brut mg %	Matières azotées mg % (5,83)	N ammo- niacal %	Matières azotées corrigées mg %
Maniocs non rous de l'Urundi :						
I	<i>Robona</i>	Buyenzi	301	1.756	2,6	1.740
II	<i>Nusuruپیya</i>	Buyenzi	370	2.157	0,9	2.150
III	<i>Nusuruپیya</i>	Kumosso	300	1.737	2,0	1.723
Maniocs rous de l'Urundi :						
IV	<i>Robona</i>	Bweru	260	1.528	1,2	1.500
V	<i>Nusuruپیya</i>	Bweru	320	1.866	2,7	1.850
VI	<i>Umusuruپیya</i>	Mumirwa	533	3.107	9,3	3.053
VII	<i>Nusuruپیya</i>	Mosso	260	1.528	16,0	1.435
VIII	<i>Nusuruپیya</i>	Kumosso	220	1.305	14,2	1.183
Maniocs indigènes rous du Kwango et du Bas-Congo :						
IX	?	Kiamfu-Kinzadi	190	1.108	1,3	1.100
X	?	Kitsako	320	1.873	27,2	1.715
XI	?	Kinzalulu	448	2.612	43,3	2.360
Panzi-Massuwa						
XIIa	Partie extérieure de la carotte		398	2.320	10,7	2.258
XIIb	Partie intérieure de la carotte		183	1.067	16,7	0.970

*Teneurs en ornithine et en arginine, en mg pour 100 g de farine sèche.*

Numéro d'ordre	Ornithine				Arginine			
	mM	acide aminé	anhydride	N %	mM	acide aminé	anhydride	N %
I	0,11	10,6	9,2	2,3	1,22	212,0	190,0	68,2
II	—	—	—	—	2,89	503,0	452,2	161,9
III	0,09	12,0	11,0	2,6	0,90	158,0	136,0	51,0
IV	0,14	11,8	10,2	2,5	1,28	219,8	197,1	70,7
V	0,21	20,0	17,3	4,2	2,43	422,0	378,5	136,0
VI	0,22	21,0	18,0	4,4	2,81	490,0	439,0	157,6
VII	2,33	295,0	255,0	62,5	0,38	66,0	59,0	21,1
VIII	0,13	17,0	15,0	3,7	0,27	47,0	42,0	15,2
IX	0,23	21,3	18,4	4,5	0,67	115,8	103,9	37,3
X	1,87	178,0	153,8	37,8	0,43	74,0	66,4	23,8
XI	4,00	380,4	328,7	80,7	0,20	34,0	30,7	11,0
XIIa	1,23	163,0	141,0	34,5	0,50	87,0	79,0	28,3
XIIb	0,40	53,0	45,0	11,2	0,15	26,0	23,0	8,3

Comme tels, ces résultats permettent déjà de confirmer que :

1) Dans les lots de farine préparée en partant de manioc non roui, la teneur en ornithine est faible ; un lot n'en contenait que des traces, si pas du tout ; par contre, leur teneur en arginine est relativement élevée ;

2) Les lots rouis contiennent des proportions plus ou moins élevées d'ornithine : à une dose élevée d'ornithine correspond toujours une dose plus faible d'arginine ;

3) Dans l'ensemble, à une quantité élevée d'azote ammoniacal dans la farine correspond aussi un pourcentage élevé d'ornithine.

Existe-t-il, dans la farine, une proportionnalité entre ces trois constituants ?

Question assez délicate, car :

1) L'ammoniaque libre, retrouvée dans un lot de farine soumis à examen, correspond en réalité à une partie de la quantité mise en liberté par le jeu de pro-

cessus biochimiques dans les cellules végétales, partie que la chair humide a pu retenir lors du séchage au soleil tropical ;

2) Il n'est nullement certain que l'ammoniaque libre provienne exclusivement de la dégradation d'arginine en ornithine ;

3) Il est plus vraisemblable que l'azote dosé dans la farine, même abstraction faite de l'azote ammoniacal, n'est pas fourni uniquement par des protides.

Si, dès lors, avec les réserves exprimées ci-dessus :

1) Les résultats sont rapportés à 100 g de protides correspondants à (azote total — azote ammoniacal)  $\times 5,83$  ;

2) On pose que l'ornithine vient uniquement de la dégradation de l'arginine ;

3) On transpose les valeurs « ornithine » en valeurs « arginine native », en multipliant les premières par  $\frac{174}{132} = 1,318$ , on peut noter les résultats suivants :

Numéro d'ordre	Ornithine (1)	Arginine (2)	Arginine de l'ornithine (3)	Arginine « native » (2) + (3)
I	0,61	12,18	0,81	12,99
II	—	23,40	—	23,40
III	0,70	9,17	0,92	10,09
IV	0,79	14,66	1,04	15,70
V	1,08	23,80	1,43	25,23
VI	0,69	16,05	0,91	16,96
VII	20,56	4,60	27,14	31,74
VIII	1,44	4,00	1,90	5,90
IX	1,94	10,53	2,56	13,09
X	10,38	4,31	13,70	18,01
XI	16,12	1,44	21,28	22,72
XIIa	7,27	6,25	9,58	15,83
XIIb	5,50	4,64	7,20	11,84

L'examen détaillé de ces chiffres montre que :

1) Les protides du manioc roui sont plus riches en ornithine que ceux des lots non rouis : dans les premiers, on note de 0,69 à 20,56 mg pour 100 g de farine, soit une moyenne de 6,62 mg ; dans les seconds, de 0 à 0,7 mg, soit une moyenne de 0,44 mg.

Pour 5 lots sur 8 de manioc rouis, les valeurs les plus fréquentes vont de 0,69 à 1,94, soit une moyenne de 1,20, alors que pour les 3 autres lots, on note de 10,38 à 20,56 ;

2) Les teneurs en arginine *réellement présente* oscillent entre 9,17 et 23,40 mg pour 100 g de farine, soit une moyenne de 15,28 mg dans les lots non rouis et entre 1,44 et 23,00 mg dans les lots rouis, soit une moyenne de 9,92 mg ;

3) L'arginine « native » oscille entre 10,09 et 23,40 dans les lots non rouis, soit 15,46 en moyenne, et entre 5,90 et 31,74 dans les lots qui furent soumis au rouissage, ce qui correspond à une moyenne de 18,67 mg.

Si l'on ne tient pas compte des valeurs nettement déficitaires fournies par le lot VII, les valeurs extrêmes deviennent 13,09 et 31,74 et la moyenne, 24,9 ;

4) En groupant les lots selon la variété ou la région d'origine, on obtient, dans le cas de l'arginine « native », les chiffres suivants :

	Non roui	Roui
Var. <i>Robona</i> de l'Urundi (1949)	12,99 (I)	15,70 (IV)
Var. <i>Nusurupiya</i> de l'Urundi (1949)	23,40 (II)	25,23 (V)
		31,74 (VII)
Var. <i>Umusurupiya</i> de l'Urundi (1949)	—	16,96 (VI)
Var. <i>Nusurupiya</i> de l'Urundi (1951)	10,09 (III)	5,90 (VIII)
Manioc indigènes du Kwango		13,09 (IX)
		18,01 (X)
		22,72 (XI)
		15,83 (XIIa)
		11,84 (XIIb)
		12,76 (XII) <sup>(1)</sup>

(<sup>1</sup>) Calculé en partant de XIIa et XIIb.



Peut-on admettre que *Nusurupiya* et *Umusurupiya* s'appliquent à la même variété et que ces appellations sont en réalité des interprétations différentes du même mot indigène ? Dans ce cas, la moyenne des trois lots récoltés en 1949 fournirait 24,64.

On en arriverait ainsi à conclure, après examen de 12 lots, que la teneur variable en arginine pourrait bien être un caractère variétal, puisqu'on note pour la variété *Robona* 13 et 15,70 contre 23,4 et 24,64 pour la variété *Nusurupiya*, toutes originaires d'endroits différents de l'Urundi. Les lots récoltés dans les villages coutumiers du Kwango et dont la variété botanique est inconnue, montrent la plus grande variabilité : 12,76, 13,09, 18,01, 22,72, ce qui ferait néanmoins une moyenne de 16,65, moyenne pas tellement éloignée des valeurs obtenues pour la variété *Robona* de l'Urundi.

Il se confirme ainsi que :

1) Les protides du manioc roui sont plus riches en ornithine que ceux des lots non rouis et que l'ornithine se trouverait en plus grandes proportions dans la partie extérieure de la carotte rouie et séchée ;

2) Le rouissage ne paraît pas être nécessaire à son apparition, mais indispensable à la formation de quantités importantes ;

3) L'arginine paraît exister abondamment dans le manioc (comme dans de nombreuses protéines végétales), mais du point de vue quantitatif, sa teneur y est peu constante. Ceci pourrait bien être justifié par des différences variétales, certainement par les dégradations que cet acide aminé peut subir au cours du rouissage et du séchage consécutif au soleil ;

4) Si l'on s'en réfère aux teneurs en arginine et en ornithine exprimées sur base molaire, dans ces cas où nous avons vu procéder à l'analyse complète des acides aminés, on peut noter ce qui suit :

Variété	Ornithine	Arginine	Arginine « native »
<i>Umusurupiya</i>	1,4	18,2	20,0
<i>Nusurupiya</i> , 1949	28,6	4,9	42,7
<i>Nusurupiya</i> , 1951	1,6	3,4	5,5
Indigène, Panzi-Massuwa	7,8	2,5	15,8
<i>Nusurupiya</i> , 1949, non roui	0,8	8,0	9,1

## § 2. ACIDES AMINÉS SOUFRÉS.

Il a déjà été signalé au cours du chapitre II que, dans l'ensemble, la teneur des protéines du manioc en acides aminés soufrés : méthionine, cystine et cystéine <sup>(1)</sup>, est particulièrement faible.

On confère à la méthionine un double rôle : celui d'un apport « plastique » et celui de « donneur de méthyle », grâce au groupement mobile attaché à l'atome de soufre. Au point de vue alimentaire, la cystine n'est pas un acide aminé essentiel ; une partie pourtant des besoins en S aminé pourrait être couverte par la cystine, partie non négligeable, à ce qu'estiment W. C. ROSE et al. [31]. L'effet d'épargne rempli par la cystine à l'égard de la méthionine serait d'une importance capitale, puisque les aliments habituellement consommés sont relativement pauvres en méthionine. D'autre part, les radicaux -SH appartenant à la cystine sont indispensables à l'activité métabolique de certaines protéines spécifiques, en particulier de certains enzymes [30].

Une alimentation essentiellement végétarienne à base de manioc devait donc poser pour le nutritionniste le problème de l'approvisionnement en soufre protidique.

Or, « une des maladies de la nutrition les plus répandues dans les régions tropicales est le *kwashiorkor-mbwaki* »... dont les « signes fondamentaux » sont constitués notam-

<sup>(1)</sup> Dans nos recherches, ces deux derniers acides ont été dosés ensemble sous la forme d'acide cystéique ; le résultat est noté comme fourni par une demi-molécule de cystine.

ment par « ... une dyspigmentation de la peau et des cheveux... et une infiltration graisseuse avec nécrose cellulaire ou fibrose... » [32].

« Si la dyspigmentation nutritionnelle doit être acceptée comme la première et la plus bénigne des manifestations du *kwashiorkor* et comme la preuve de l'appauvrissement de l'organisme en protéines, alors le *kwashiorkor* pose un problème extrêmement redoutable et l'on peut dire sans exagération que, dans de nombreuses régions de l'Afrique centrale, la majorité des enfants âgés de un à trois ans sont atteints de *kwashiorkor* » [32].

VAN OYE définit l'image sanguine dans le *kwashiorkor* « comme une anémie de carence provoquée par un déficit dans l'apport protéinique exogène et par une diminution du pouvoir de synthèse d'un facteur antianémique endogène, et influencée secondairement par une dysprotéïnémie très prononcée » [33].

On s'est dès lors posé la question de savoir si cette dyspigmentation ne pouvait pas être le fait d'une carence en S, la peau et les cheveux étant particulièrement riches en cystine [31], [34]. La kératine, élément de base de la peau et des cheveux, contient, en effet, 11 à 12% de cystine (2,9 à 3,2% de S), la peau représentant sensiblement 6 à 8% du poids du corps humain.

Or, on constate qu'en Afrique :

1) Ce sont précisément les enfants à la fin de la période d'alimentation au sein ou en cours de sevrage et immédiatement après le sevrage qui sont atteints de *kwashiorkor*. Ces enfants sont victimes, pendant cette période de leur existence, des mauvaises habitudes alimentaires dont ils sont d'ailleurs incapables par eux-mêmes de corriger les effets, notamment par la consommation de fruits et surtout de protéines animales ;

2) Il n'y a que peu ou pas de *kwashiorkor* chez les peuplades pastorales, « buveurs de lait et mangeurs occasionnels de viande ». Aussi, cette maladie n'existe-

TABLEAU XII. — Teneur en soufre total de la farine de manioc.

S total en mg pour 100 g de farine sèche (1).

	S total mg	S total p. 100 g de cendres	S p. 100 g de matières azotées brutes « corrigées »	
1° Manioc indigènes rouis du Kwango et du Bas-Congo				
Kiamfu-Kinzadi	19,0	1,30	1,70	1,70
Swa-Kahumbe	27,0	1,22	1,72	1,72
Swa-Ngoy	30,9	2,50	1,77	1,90
Kinzalulu	37,3	2,40	1,45	1,61
Kitsako	36,7	4,20	1,96	2,15
Munene	23,0	2,20	1,57	1,85
Panzi-Massuwa				
Carotte entière	18,1	1,10	1,33	1,45
Partie extérieure	41,9	1,50	1,38	1,86
Partie intérieure	10,9	0,80	1,02	1,12
2° Manioc rouis et non rouis de l'Urundi				
Variété <i>Imihonyi</i>				
Non roui	23,5	0,83	1,22	1,23
Roui	18,5	1,43	1,30	1,31
Variété <i>Nusurupiya</i> (récoltes de 1949)				
Non roui	33,5	1,30	1,55	1,56
Non roui, cuit à l'eau	27,5	1,67	1,40	1,40
Roui	35,1	1,60	1,87	1,90
Roui ( <i>Umusurupiya</i> )	26,5	2,07	0,95	0,96
Roui	9,4	1,25	0,62	0,80
Variété <i>Nusurupiya</i> (récoltes de 1951)				
Non roui	22,2	0,92	1,27	1,28
Roui	14,4	1,44	1,10	1,20
Variété <i>Robona</i>				
Non roui	30,5	2,17	1,50	1,50
Non roui, cuit à l'eau	28,5	2,85	1,60	1,68
Roui	22,2	1,02	1,40	1,48
Roui ( <i>R. Itukura</i> )	21,5	0,95	1,12	1,13
Roui ( <i>R. yera</i> )	19,7	0,62	1,26	1,26
Roui ( <i>R. kasururu</i> )	15,0	1,30	1,17	1,27

(1) Le soufre total a été dosé par voie gravimétrique sous forme de BaSO<sub>4</sub>, après minéralisation perchlorique sur 15 à 20 g de farine.

rait-elle pratiquement pas chez les Batutsi, race dominante et pastorale du Ruanda-Urundi, mais bien chez les Bahutu, agriculteurs, dont l'alimentation est à base de bananes vertes, de patates douces et de fèves de légumineuses. L'influence de ces dernières serait particulièrement marquante [32].

Ces faits paraissent être autant d'arguments plaidant en faveur de l'importance des acides aminés soufrés dans l'évolution du *kwashiorkor* ; ils créent aussi une présomption défavorable pour une alimentation de l'enfance à base de manioc.

En tout état de cause était-il intéressant de déterminer dans le manioc la teneur en soufre total, la teneur en cystine et en méthionine, ainsi que de rechercher la part de chacun de ces deux acides aminés dans le soufre total.

1. — Dans l'ensemble, le manioc se caractérise par une teneur très faible en S total : de 15 à 35,1 mg pour 100 g de farine sèche, quelle que soit l'origine, la variété et la nature de l'échantillon soumis à l'analyse (roui ou non roui).

Il ne paraît pas exister de rapport bien caractéristique entre les proportions de S et de matières minérales totales. La teneur en S pour 100 de cendres totales va de 0,62 à 2,85%, avec une moyenne de 1,47 (dans un seul cas sur 24, on a noté 4,2%).

La relation entre les pourcentages en S total et en protides bruts n'est guère plus marquée : de 0,62 à 1,96 de S total pour 100 de protides, avec une moyenne de 1,39. Établie par rapport aux protides corrigés de l'azote ammoniacal, la même relation devient 0,8 à 2,15 avec 1,42 comme moyenne.

Notons encore, à titre documentaire, quelques teneurs en S d'aliments d'origine végétale :

Avoine	190 mg %
Blé	180 mg %
Maïs	151 mg %
Orge	150 mg %

Riz	117 mg %
Seigle	170 mg %
Dolique	240 mg %
Haricots	220 mg %
Haricots de lima	161 mg %
Lentilles	277 mg %
Pois	219 mg %

La proportion de S dans 60 échantillons de fourrages originaires du Kivu a varié de 48 à 260 mg % ; 45 montraient des valeurs de l'ordre de 84 à 160 mg % [34].

Il se confirme donc que le S n'intervient que pour une faible part dans l'ensemble des matières azotées du manioc où les acides aminés soufrés sont donc parmi les constituants mineurs.

2. — Quelle est la proportion de chacun des acides soufrés et quelle est la part des sulfures cystéique et méthionique dans le S total du manioc ?

TABLEAU XIII. — *Teneurs en cystine et en S correspondant de manioc du Congo belge et du Ruanda-Urundi.*

Origine ou variété	Cystine /2 en mg p. 100 g de farine sèche (1)	S corres- pondant	Pourcentage du S total
Manioc indigènes du Kwango et du Bas-Congo :			
Kiamfu-Kinzadi	14,2	3,8	20,0
Swa-Kahumbe	15,9	4,2	15,6
Swa-Ngoy	13,4	3,6	11,7
Kinzalulu	14,9	4,0	10,7
Kitsako	12,0	3,3	9,0
Panzi-Massuwa : partie extérieure	33,0	8,9	21,3
partie intérieure	11,0	3,9	36,0
Manioc de l'Urundi :			
<i>Robona</i> , non roui	29,0	7,6	24,9
<i>Robona</i> , roui	12,5	3,4	22,7
<i>Nusurupiya</i> (1951), non roui	22,2	6,1	27,5
<i>Nusurupiya</i> (1951), roui	11,5	3,1	21,5
<i>Nusurupiya</i> (1949), roui	8,65	2,3	24,4
<i>Umusurupiya</i> , roui	29,0	7,7	29,0

(1) Chiffres moyens fournis par deux dosages.

Le S cystéique est assez constant dans les échantillons de farine provenant des lots de manioc indigène roui originaires du Kwango et du Bas-Congo : de 3,3 à 4,2% (un seul lot a fourni 5%) ; dans les lots de l'Urundi, les valeurs oscillent entre 2,3 et 3,4% (un seul lot a fourni 7,7%), alors que dans les lots non rouis correspondants, la teneur est supérieure et va de 6,1 à 7,6%.

Il se confirme donc, comme nous le faisons prévoir au chapitre I, que la série de manipulations que nécessite la destruction du glucoside cyanogénétique, entraîne aussi une destruction de la cystine et de la cystéine, peut-être bien à la suite de l'intervention de peroxydes.

3. — Tenant compte à la fois des teneurs en cystine et en méthionine pour comparer leur proportion de S au S total de la farine, on obtient les valeurs suivantes dans un nombre limité d'échantillons :

TABLEAU XIV.

	Cystine S	Méthionine S	S non déterminé	S total
Maniocs rouis du Kwango et du Bas-Congo :				
Kitsako	3,3 (9,1%)	4,3(11,7%)	29,1 (79,2%)	36,7 (100%)
Panzi-Massuwa				
Partie extérieure	8,64(20,6%)	8,9(21,3%)	24,35(58,1%)	41,9 (100%)
Partie intérieure	2,6 (23,9%)	3,9(36,0%)	4,4 (40,1%)	10,9 (100%)
Maniocs de l'Urundi :				
Var. <i>Nusurupiya</i> (1951)				
non roui	6,1 (27,5%)	4,7(20,6%)	11,4 (51,9%)	22,2 (100%)
roui	3,1 (21,5%)	4,1(28,5%)	7,2 (50,0%)	14,4 (100%)
Var. <i>Umusurupiya</i> ,				
roui	7,7 (29,0%)	9,7(36,6%)	9,1 (34,4%)	26,5 (100%)
Var. <i>Nusurupiya</i> , roui				
	2,3 (24,4%)	3,1(33,0%)	4,0 (42,6%)	9,4 (100%)

Selon l'échantillon, le S non déterminé peut donc donner des valeurs variant de 34,4 à 79,2% du S total de la farine examinée.

Ce S non déterminé comprend aussi le S minéral présent dans les tissus végétaux.

On admet habituellement que cette quantité peut être faible.

Signalons à titre d'information que dans un tourteau de lin, examiné en 1953, le S indéterminé représentait 28% du S total ; dans un échantillon d'orge, la proportion tombait à 16% [35]. Par contre, dans les tissus musculaires des bovidés, le S de la méthionine et de la cystine correspondait, à quelques pour cent près, à la totalité du S dosé [36]. Seul un foin des pâturages belges a montré une teneur en S non déterminée atteignant 79%.

L'étude de 6 lots de farine de manioc roui et non roui de la variété *Nusurupiya* de l'Urundi et de 3 lots de manioc indigène du Kwango et du Bas-Congo, fait apparaître que le total de la teneur en cystine et en méthionine s'élève respectivement à 18, 29, 32, 32, 45 et 75 mg pour 100 g de farine sèche, soit une moyenne de 35 mg dans les cas les plus fréquents et de 38 mg si l'on tient compte également de la valeur exceptionnellement élevée de 75 mg. Dans l'ensemble, ces deux acides aminés représentent de 2,6 à 3,4% des acides totaux, leur proportion de S dans 100 g de farine va de 5,4 à 17,4 mg, soit 9,7 en moyenne, en tenant compte de la valeur exceptionnellement élevée de 17,4 mg et 7,7 mg, en ne tablant que sur les valeurs les plus fréquentes.

On peut noter également que la partie intérieure de la carotte rouie paraît être légèrement plus fournie en soufre méthionique alors que les proportions de soufre cystéique sont voisines dans les deux cas. La cystine et la cystéine paraissent ainsi avoir été dénaturées préférentiellement à la surface de la carotte rouie, au point de ne plus représenter que 20% du S total alors que dans la partie centrale elles représentent 36%.



On en arrive ainsi à conclure que 1 kg de farine de manioc, dont la consommation livre à l'organisme plus de 3.000 cal, n'apporte en réalité que près de 0,1 g de soufre provenant de 0,35 g d'acides aminés soufrés, dont sensiblement 0,20 g de méthionine. Or, d'après ROSE, le besoin quotidien minimum en ce dernier acide aminé essentiel s'élèverait à 1,1 g pour un homme normal, l'apport recommandé devrait être de l'ordre de 2,2 g.

A titre comparatif, notons qu'une ration, composée de 400 g de pain, de 100 g de viande de bœuf et de 500 cm<sup>3</sup> de lait de vache, fournirait sensiblement 1.500 cal, tout en apportant 0,76 g de S. La viande et le lait apportent pratiquement la totalité de la méthionine requise.

Des recherches effectuées au Laboratoire de Biochimie de l'Université Libre de Bruxelles ont permis au Prof. E. J. BIGWOOD de conclure que 1.000 cal fournies par du lait maternel proviennent de la consommation de sensiblement 1,5 l de lait. Cette quantité assure un approvisionnement en S de l'ordre de 0,13 g.

Un poids de manioc dont la combustion donnerait 1.000 cal, n'apporte à l'organisme que 0,03 g de S dont certainement plus de la moitié ne serait pas d'origine cystéique ni méthionique. On ignore jusqu'ici quel rôle le S organique non aminé peut jouer dans la synthèse protéique chez l'enfant et dans l'édification de la kératine.

## CHAPITRE IV

CONSIDÉRATIONS D'ENSEMBLE  
SUR LES PROTIDES DU MANIOC.

## ESSAI D'INTERPRÉTATION.

« Étant donné notre peu de connaissance en ce qui concerne le mécanisme de la dégradation enzymolitique de substances plus simples, il faut être prudent dans l'interprétation des résultats de la dégradation des protéines ».

K. LINDESTROM-LANG.

Au cours des paragraphes précédents, nous avons eu l'occasion de nous étendre quelque peu sur la composition chimique des protides de la farine de manioc de consommation, obtenue après que les carottes fraîches ont été mises à rouir. A titre comparatif, nous avons été amené à étudier également plusieurs lots de manioc non roui, séché au soleil.

Le moment nous paraît venu d'essayer de tirer quelques enseignements de cet ensemble de données numériques.

§ 1. — Il n'est peut-être pas inutile de rappeler que le rouissage, tel qu'il est pratiqué habituellement dans les milieux coutumiers d'Afrique centrale, se déroule en deux phases :

a) La carotte entière, fraîche, séjourne pendant plu-

sieurs jours dans de l'eau stagnante ; elle est pelée ensuite, puis remise à l'eau pendant 24 h environ ;

b) Fortement imbibée, elle est exposée au soleil pendant le temps nécessaire au séchage.

On remarque ce qui suit :

1) Au moment où elle est extraite des trous de rouissage, la carotte doit avoir une teneur en eau supérieure à celle de la carotte fraîche. Cette humidité peut être entretenue pendant un certain temps, sur le séchoir, par la rosée matinale, si pas par les pluies tropicales, au point d'exiger une prolongation du temps d'action du soleil ;

2) L'eau d'imprégnation, différente par sa nature et sa composition des sucs cellulaires de la racine, peut changer complètement le milieu physiologique dans la carotte mise à sécher. Ce qui peut entraîner une modification profonde de la nature même des composants primaires de la carotte. Devant celle-ci, l'analyse sommaire est prise de court. Dans d'autres cas, elle peut rendre compte des changements intervenus et il devient même possible de proposer une explication rationnelle pour des résultats apparemment contradictoires.

Nous nous sommes arrêté, au cours du chapitre III, au cas de l'ammoniaque libre dans la farine et à la dégradation de l'arginine. Nous n'y reviendrons ici que pour autant que ce soit nécessaire à la compréhension de notre exposé.

Mais il se développe aussi dans les lots de manioc roui et non roui une acidité qui, pour ceux appartenant à la même variété botanique, n'est pas nécessairement supérieure dans les lots rouis. Et parmi ceux-ci, l'acidité paraît être plus importante dans ceux récoltés dans les villages coutumiers du Kwango que sur les collines de l'Urundi.

Comment expliquer cette différence de comportement ?

1) Au cours du trempage de la carotte dans l'eau, des acides organiques préexistants, des sels minéraux et organiques, des acides aminés libres et des peptides ont pu y diffuser, entraînant sans doute une diminution de l'acidité. Mais pendant l'exposition plus ou moins longue au soleil de la matière fraîche ou rouie, l'oxydation des acides polyéthyléniques a été catalysée au point d'atteindre le stade de la formation d'acides gras moins carbonés. Et comme l'autoxydation des acides gras non saturés et la formation d'acides de poids moléculaire faible, solubles dans l'eau, ne se fait certainement pas d'une manière rigoureusement identique et avec la même intensité d'un cas à l'autre, il en résulte des lots de farine d'une acidité extrêmement variable.

2) Il a été montré précédemment [2] que la moyenne des acidités de la farine rouie est toujours plus élevée dans les lots originaires du Kwango que dans ceux du Ruanda-Urundi : soit 260 mg pour 100 g de farine sèche contre 142 mg. Or, pour autant que l'on dispose de documentation dans ce domaine, les eaux du Ruanda-Urundi ont une tendance à être moins acides, si pas légèrement alcalines par rapport à celles tributaires du bassin du Congo.

Il n'est donc pas exclu a priori qu'une certaine alcalinité résiduelle puisse freiner quelque peu le développement de l'acidité naissante dans la chair du manioc roui.

Mais là ne doit pas se limiter l'action du milieu alcalinisant. M. MACHEBŒUF et al. [16] ont attiré l'attention sur le fait que les protéines comprenant de la cystine parmi leurs constituants, placés en milieu alcalin (pH 9,5), subissent une transformation dont les produits sont autoxydables à l'air sans que l'alcalinité du début doive être maintenue. Il en résulte en tout état de cause une diminution de la solubilité.

Avant que les acides polyéthyléniques aient subi une oxydation totale, les peroxydes lipidiques, agissant par destruction des groupements -SH protidiques, les auraient transformés partiellement en composés oxygénés à ponts disulfure, composés ayant dépassé le stade de réversibilité. Il n'est pas exclu, selon P. DUBOULOZ et J. FONDARI [17], que même le groupement -SCH<sub>3</sub> de la méthionine puisse être attaqué en présence d'un grand excès de peroxydes et après un temps d'action assez long.

De ces modifications, l'analyse sommaire de l'aliment ne peut rendre compte.

Pendant aussi que se développe une acidité dans les carottes, une hydrolyse peut avoir lieu, ainsi qu'une dégradation partielle de certains composés aminés avec mise en liberté d'ammoniaque. Cette ammoniaque, que nous retrouvons en quantités importantes dans les lots rouis, pourrait dès lors provenir à la fois de l'hydrolyse d'hétéroprotéines, d'amides, de la dégradation et de l'oxydation de certains acides aminés dérivés de la protéolyse [15].

Il peut se créer de la sorte des artéfacts azotés, peptides de poids moléculaire relativement bas, alors que les composés amidés éventuellement présents paraissent être respectés, en partie tout au moins, car dans le cas contraire, la dose d'ammoniaque libre dans la farine devait être plus élevée, voisine sans doute de celle retrouvée dans les hydrolysats.

C'est donc tout un ensemble de phénomènes biochimiques qui peut se poursuivre pendant le temps plus ou moins long que les tissus humides du manioc passent au soleil.

Ceux que nous venons d'évoquer ne sont vraisemblablement par les seuls ; ils sont sans conteste parmi ceux dont nous pouvons le moins difficilement juger les

effets. Ils permettent aussi d'affirmer que l'azote dosé dans les carottes rouies et non rouies ne correspond pas uniquement à des protéines, mais en partie aussi à des composés non aminés natifs ou de néoformation.

Nous croyons ainsi pouvoir avancer ce qui suit :

1) La dégradation des protides ne paraît pas se faire avec la même intensité dans chaque lot. Comme pratiqué couramment, le rouissage laisse subsister dans l'aliment une proportion variable de protéines sans qu'on puisse affirmer qu'elles sont « natives », « secondaires » ou dénaturées ;

2) La dénaturation peut être plus poussée dans le manioc non roui, séché au soleil, que dans le manioc roui, où il y a probabilité de dégradation et d'hydrolyse ;

3) L'extraction des protides dénaturés étant rarement totale, on doit renoncer à vouloir déterminer la composition quantitative en acides aminés de la farine alimentaire sur les protides bruts extraits dans ces conditions. La méthode chromatographique de MOORE et STEIN, sur un échangeur d'ions, a permis de surmonter cette difficulté en rendant possible le dosage des acides aminés sur l'hydrolysat de l'aliment brut.

§ 2. — L'étude comparative des résultats fournis par le dosage des acides aminés dans plusieurs lots de manioc roui et non roui d'Afrique centrale suscite un certain nombre de commentaires :

1) L'observation la plus frappante, nullement surprenante pourtant, est bien celle que le rendement des chromatogrammes en acides aminés est faible : de 55,7 à 71% de l'azote total dosé paraissent être dus à l'azote de ces composés.

Même si l'on tient compte de la quantité d'ammoniaque récupérée (après correction), on atteint rarement des valeurs vraiment satisfaisantes. Ceci se déduit des

valeurs suivantes, extraites des tableaux IV à X et des données de la littérature [18].

*Rendement des chromatogrammes pour 100 d'azote total :*

	Acides aminés	Ammoniaque	Total
Maniocs rouis :			
Indigène de Panzi-Massuwa	55,7	18,3	74,0
Indigène de Kitsako	58,0	28,7	86,7
Var. <i>Nusuruþiya</i> de l'Urundi (1951)	60,7	10,7	71,4
Var. <i>Nusuruþiya</i> de l'Urundi (1949)	62,2	31,6	93,8
Var. <i>Umusuruþiya</i> de l'Urundi (1949)	68,0	10,8	78,6
Manioc non roui, séché au soleil			
Var. <i>Nusuruþiya</i> de l'Urundi (1951)	71,0	11,8	82,8

On remarquera aussi que les rendements en azote des acides aminés sont les meilleurs dans le lot non roui et là où la dose d'ornithine est la moins élevée et la dose d'arginine relativement importante.

2) Une autre observation, non moins intéressante, est le fait que plusieurs acides aminés prédominent par la quantité et que certains montrent, d'un lot à l'autre, une grande irrégularité dans les proportions présentes.

On serait ainsi tenté de grouper les acides aminés du manioc en deux séries : ceux dont la proportion est peu sujette à variations, ceux qui font plutôt figure de « variables ». Ces variations sont-elles une des caractéristiques des protides du manioc ou sont-elles purement fortuites, dues à des causes extérieures ? Nous penchons vers la dernière interprétation.

A. *Diacides*. Dans le tableau suivant sont groupées les valeurs calculées pour 100 d'acides aminés récupérés après dosage chromatographique (1) et (2) et celles obtenues par correction de l'acide glutamique, admettant que l'hydroxyproline provient de l'oxydation de ce composé.

	Ac. as- partique (1)	Ac. glu- tamique (2)	Total diacides (3)	Ac. glu- tamique « primai- re » (4)	Total diacides corrigés (5)
<i>Nusuruþiya</i> non roui (1951)	8,0	24,1	32,1	24,1	32,1
<i>Nusuruþiya</i> roui (1951)	9,6	11,3	20,9	22,3	31,9
<i>Nusuruþiya</i> roui (1949)	7,1	14,4	21,5	14,4	21,3
<i>Unusuruþiya</i> roui (1949)	6,0	21,0	27,2	20,0	29,2
Indigène, Kitsako (1948)	7,2	20,0	27,2	20,0	27,2
Indigène, Panzi-Massuwa	8,0	16,7	25,7	23,6	32,6

On remarquera que, partant des valeurs non corrigées, la moyenne pour le total des acides dibasiques (3) s'établit à 24,5 pour le manioc roui, contre 32,1 pour le non roui. Le rouissage paraît donc affecter sérieusement les diacides et plus particulièrement le glutamique : rien que la correction pour l'hydroxyproline fait monter la valeur moyenne du total (5) de 24,5 à 28,4.

On verra, d'autre part, que la concordance pour le total des acides devient remarquable quand on compare entre elles les valeurs trouvées dans deux lots de la variété *Nusuruþiya* récoltée en 1951 sur un même champ, mais dont l'un fut roui et l'autre simplement séché au soleil.

Si l'on essaie de reconstituer des composés primaires simples, comme l'asparagine et la glutamine, on se heurte à de grosses difficultés d'interprétation.

Il n'y a pourtant aucune objection majeure à admettre que, dans les tissus végétaux vivants, les acides aspartique et glutamique se trouvent sous la forme d'asparagine et de glutamine. Ceci n'est peut-être plus nécessairement le cas dans les tissus morts, à plus forte raison quand ils ont subi l'action de facteurs biochimiques connus et inconnus, bien que, « si l'asparagine (ou bien la glutamine qui la remplace) constitue une étape indis-



pensable de la synthèse des protéines », elle joue aussi un rôle dans leur dégradation [15].

Dans certains lots de farine de manioc, il est possible de reconstituer les amides en se basant sur les valeurs trouvées en ammoniacque et en chacun des acides dibasiques ; dans d'autres lots, ce n'est nullement le cas. Il n'est pas dépourvu d'intérêt de noter que les seuls lots où ces reconstitutions aient donné des résultats favorables, sont ceux où la récupération en acides aminés totaux fut la plus satisfaisante, où donc la dégradation en d'autres composés non aminés fut la moins poussée.

B. *Acides les plus abondants.* Nous avons noté que les acides les plus abondants dans le manioc sont les acides glutamique et l'arginine (ces deux composés étant sujets à variations par suite de la dégradation respectivement en hydroxyproline et en ornithine) ainsi que l'alanine.

Le total des acides présents dans 100 d'acides totaux récupérés et « natifs » s'établit comme suit :

	<i>Umusu-rupiya, roui</i>	<i>Nusurupiya, roui</i>		<i>Nusurupiya non roui</i>	<i>Kitsako roui</i>	<i>Panzi-Massuwa, roui</i>
		1951	1949			
Acides dosés	50,2	27,1	21,3	42,4	30,0	30,5
Acides « natifs »	53,8	64,5	35,3	43,5	52,3	47,8

C. *Acides aminés basiques.* On a admis que l'ornithine trouvée dans les hydrolysats de manioc roui, parfois même dans ceux de lots non rouis, provenait de la dégradation de l'arginine. L'ornithine ne paraissant pas être un constituant normal de la plupart des protéines extraites des végétaux supérieurs, on peut, sous réserve, calculer l'arginine « native » correspondante à l'ornithine formée.

Il a été trouvé que, dans ces conditions, pour 100 de protides bruts du manioc, la quantité d'arginine « native » oscillait, pour 12 lots examinés, entre 5,9 et 31,74

(soit une variation de 1 à 5,4 dans les lots rouis) et de 10,1 à 23,4 (soit une variation de 1 à 2,3 dans les 5 lots non rouis, séchés au soleil).

Si l'on met en regard de ces chiffres les résultats fournis par le dosage de la lysine, de l'histidine et de la cystine dans 13 lots de manioc roui, on constate (valeurs exprimées par rapport à 100 de protides bruts) :

	Chiffres extrêmes	Variations
Lysine	1,5 à 5,9	1 à 4,2
Histidine	0,8 à 1,7	1 à 2,1
Cystine	0,6 à 1,3	1 à 2,1

Dans les lots non rouis, on a trouvé, dans les mêmes conditions :

	Chiffres extrêmes	Variations
Lysine	3,1 à 5,0	1 à 1,7
Histidine	0,8 à 1,7	1 à 2,1
Cystine	1,3 à 1,7	1 à 1,3

Le dosage du tryptophane, dans 7 lots de farine, a fourni, pour 100 de protides bruts, de 0,07 à 1,42. Si l'on néglige la valeur particulièrement faible de 0,07, les valeurs expérimentales deviennent 0,35 à 1,42, soit une variation de 1 à 4,3.

Dans les lots de manioc roui, les variations sont les plus fortes pour l'arginine, puis suivent le tryptophane et la lysine. L'histidine donne des valeurs beaucoup plus rapprochées, quelle que soit la nature du lot examiné.

On peut dès lors se poser la question de savoir si la variété botanique et, dans une même variété, les seules conditions écologiques sont suffisantes pour justifier de telles variations de composition qui apparaissent principalement après le rouissage.

Le fait que les variations se font jour d'une manière plus prononcée dans les lots rouis suffirait déjà à faire peser une sérieuse suspicion sur le rouissage.

Or, on a pu constater que dans la partie extérieure de la carotte rouie, l'arginine « native » correspond à 13,4% des protides bruts ; dans la partie centrale, à 9%. Il semble donc que lors du trempage dans l'eau, l'arginine et l'ornithine aient une tendance à migrer vers l'extérieur de la carotte, de telle sorte que, dans la partie intérieure, il ne reste plus que 2,4% d'arginine et 5% d'ornithine contre 3,8 et 7% dans la partie extérieure.

Si la proportion des deux constituants est fort voisine (le rapport  $\frac{\text{arginine}}{\text{ornithine}}$  est en effet de 2,1 dans la carotte nettoyée, contre 1,84 dans la couche extérieure), il est néanmoins permis de supposer qu'au contact de l'air et de la chaleur solaire, une dégradation de l'arginine soit intervenue, dégradation autre que celle qui a comme résultat la formation d'ornithine.

Tous ceux qui ont séjourné dans les villages coutumiers d'Afrique centrale ou ont assisté à un marché indigène ont certes été frappés par l'aspect des carottes ou des boules de manioc roui traitées ou mises en vente. Bien qu'elles aient été uniquement exposées à l'action desséchante du soleil et non soumises à la chaleur d'un feu de bois, elles sont brunâtres, teinte particulièrement accentuée dans les parties les moins épaisses de la chair malaxée qui a été pressée entre les doigts.

On serait tenté d'attribuer ce brunissement à l'action des rayons solaires et de la température. Soit, mais il n'est nullement exclu qu'il puisse être le fait de l'action d'acides aminés libres ou de protides sur des glucides réducteurs, en présence d'eau, réaction fortement influencée par la chaleur. Cette interaction protides-glucides est signalée fréquemment en chimie alimentaire (elle est désignée sous le nom de réaction de MAILLARD) et se caractérise par une disparition de la fonction aminée des protéines [37].

C. H. LEA et R. S. HANNAN [38] ont étudié la réaction

entre la caséine du lait écrémé en poudre et le glucose (1 mole par groupement aminé libre). Ils ont constaté que la vitesse des pertes en azote aminé est influencée par l'humidité du système ; atteignant un maximum à l'humidité relative de 65 à 70%, devenant moindre à des teneurs plus élevées et très réduites, et cela à des températures de l'ordre de 37, 70 et 90° C. Elle augmente avec un pH moins acide, de pH 3 jusqu'à pH 8 ; pour une humidité de 70%, elle augmente progressivement de 0 à 90° C. Quant au brunissement proprement dit, il augmente avec la teneur en eau, le pH et la température.

R. R. BALDWIN, J. R. LOWRY et REINHARDT THIESSEN Jr [39], ont montré que le chauffage pendant 2 h à 121° C de 1 partie de caséine avec 1 partie de dextrose et une demi-partie d'eau, entraîne les pertes suivantes en acides aminés :

Arginine	95 %
Lysine	80 %
Tryptophane et méthionine	40 %
Valine et histidine	30 %
Isoleucine, leucine, thréonine, phénylalanine	15 à 20 %

Un chauffage d'une durée de 20 minutes dans les mêmes conditions entraîne la perte de 70% d'arginine et de 50% de lysine.

D'autre part, J. C. ALEXANDER et D. C. HILL [40] ont montré qu'un autoclavage sous 15 lb ou un chauffage à 121° C prolongé, opère sur le tourteau de tournesol une destruction importante de la lysine, mais il n'aurait sur la méthionine qu'un effet relativement faible.

Revenons-en au cas du manioc.

Il a été admis que les protides bruts sont faits de composés simples, voire même d'acides aminés libres ; la farine contient une dose parfois élevée d'acides solubles dans l'eau (nous avons dosé de 20 à 640 mg pour 100 g de farine) ; la présence de sucres réducteurs et

hydrolysables est connue : J. KIGER signale la présence de 1,7% de glucose et de 2,4 à 4,2% de sucres hydrolysables.

Les conditions requises pour la destruction lente et partielle d'azote aminé semblent donc exister et les grandes variations dans les teneurs en arginine, en lysine et en histidine, pourraient justifier des destructions de protides.

Mais dans certains cas, l'arginine est également transformée en ornithine, opération qui doit se faire simultanément avec la précédente et, sans doute, pendant l'exposition au soleil. En effet :

1) On trouve également (en faibles proportions, il est vrai) de l'ornithine dans le manioc non roui ;

2) Si la dégradation de l'arginine en ornithine se faisait pendant le trempage dans l'eau des trous de rouissage, on peut se demander pourquoi les sels d'ammonium ou l'ammoniaque libre si solubles dans l'eau n'y auraient pas diffusé.

Il reste pourtant à démontrer pourquoi, à doses égales d'arginine, dans un cas, celle-ci est transformée lors du séchage au soleil de la carotte fraîche à raison de 5,8 de 6,1 et de 10%, alors que dans le manioc préalablement roui puis exposé au soleil, les proportions sont de l'ordre de 20 à 93,5%.

D. *Autres acides aminés.* Sauf cas exceptionnels, la dose de chacun des acides aminés est toujours plus élevée dans 100 g de protides du manioc non roui que dans la quantité correspondante de manioc roui.

TABLEAU XV. — *Autres acides aminés pour 100 de protides bruts.*

Acide aminé	Manioc non roui	Maniocs rouis	
		valeurs extrêmes pour 6 lots	variations
Glycine	4,0	2,3 à 3,8	1 à 1,7
Alanine	6,3	4,3 à 5,8	1 à 1,3
Valine	3,9	2,2 à 2,9	1 à 1,3
Leucines	8,4	5,3 à 6,5	1 à 1,2
Sérine	3,6	2,0 à 3,5	1 à 1,7
Thréonine	3,6	2,0 à 3,7	1 à 1,8
Méthionine	1,3	1,1 à 1,4	1 à 1,3
Proline	3,2	1,7 à 2,8	1 à 1,6
Tyrosine	2,0	1,5 à 2,0	1 à 1,3

3) *Glucosamine.*

Les sucres aminés servent à l'édification de nombreux composés biologiques importants. Du point de vue chimique et biochimique, il a été admis qu'ils peuvent se former en partant de chaînes hydrocarbonées en C<sub>4</sub> et en C<sub>2</sub> ou en C<sub>3</sub> ou bien de groupements en C<sub>3</sub> de trioses s'unissant à de la sérine. Le groupement aminé peut venir d'un acide  $\alpha$ -aminé; il se fixerait en position 2 de la chaîne en C<sub>6</sub>. Une autre possibilité serait une amination enzymatique directe des hexoses, grâce à des donneurs d'ammoniaque: glutamine, asparagine, citrulline, lysine.

Il a été montré récemment [41] qu'à pH 7,2 et à pH 6,6, en présence de phosphates, une solution aqueuse d'ammoniaque à 10% transforme le fructose en glucosamine à la température ordinaire. La présence de phosphates ne serait même pas indispensable quand le pH du milieu devient plus élevé. Il semblerait toutefois que la transformation de l'aldose (glucose) en cétose (fructose) soit nécessaire à la formation d'une hexosamine. Les rendements sont faibles, principalement à cause du peu de stabilité de la glucosamine en solution aqueuse.

Dans les lots de manioc examinés, les teneurs en glucosamine, calculées sur base molaire, varient entre 0,3 et 1,5%.

Il n'est pas exclu que, lors du séchage au soleil, du fructose éventuellement présent dans la carotte imbibée d'eau soit transformé en glucosamine, réaction sous la dépendance à la fois du pH du milieu et de sa teneur en ammoniacque.

Il se remarque aussi que dans les lots rouis de l'Urundi, les proportions de glucosamine varient entre 0,6 et 1,5% contre 0,3% dans le lot du sud du Kwango. Il est possible que, dans ce dernier cas, il faille tenir compte d'un pH plus acide de l'eau de rouissage. Dans le lot non roui de l'Urundi, la teneur en glucosamine est proportionnellement moins élevée que dans le lot roui correspondant.

## DEUXIÈME PARTIE

## Recherches sur les protides du coton.

---

## ÉTAT DE LA QUESTION.

Au Congo belge, la culture du coton date de cinquante ans à peine ; elle y aurait couvert en 1952 une superficie de plus de 300.000 ha. En « fixant au sol » quelque 700.000 planteurs indigènes, dont, en leur assurant des revenus, il contribue à améliorer le mode de vie, le coton mérite bien le qualificatif de « plante sociale ».

Depuis quelques années, les graines de coton ne sont plus considérées comme un encombrant sous-produit qu'en vue de l'incinération on se hâtait d'entasser le plus loin possible de l'usine d'égrenage ou de l'entrepôt. En 1952, 6 huileries ont pressé 104.510 tonnes de graines, qui ont fourni 4.710 tonnes d'huile, dont près de 90% ont été acheminées vers la Belgique, ainsi que 16.529 tonnes de tourteaux dont la quasi-totalité a été exportée, 70% ayant été dirigés vers la Belgique.

Il est connu que la graine et le tourteau brut contiennent des doses parfois élevées de gossypol [43]. Aussi, la technique américaine applique-t-elle la « détoxification » qui doit rendre les tourteaux comestibles pour l'homme ; certains procédés d'extraction détruisent déjà partiellement le gossypol dans la graine ou en éliminent en très grande partie les glandes renfermant ce composé.

Quel que soit le but poursuivi, extraction de l'huile ou détoxification du tourteau, les procédés industriels



mis en pratique aux États-Unis fourniraient un produit alimentaire offrant des garanties suffisantes d'inocuité pour l'homme.

La question de l'extraction de l'huile et de la détoxication de la farine dépassant le cadre du présent mémoire, nous nous contenterons de signaler ces faits.

\* \* \*

Les recherches sur la valeur alimentaire des graines et du tourteau de coton sont déjà anciennes.

Au cours des années écoulées, elles ont été continuées notamment par W. RUEGAMER (1949) [44] ; par L. R. RICHARDSON et L. C. BAYLOCK (1950) [45] ; par G. R. INGRAM, W. W. GRAVENS et C. A. ELVEHJEM (1950) [46]. Ces auteurs ont étudié, entre autres, le remplacement partiel ou total de certaines farines alimentaires par de la farine de coton telle quelle ou supplémentée par certains acides aminés synthétiques.

Du point de vue chimique, c'est en ordre principal la globuline, extraite des graines ou des tourteaux, qui a été étudiée notamment par T. D. FONTAINE, H. S. OLCOTT et A. LOWRY (1942) [47] ; par E. BRAND, F. J. RYAN et E. M. DISKANT (1945) [48] ; par J. HORN MILLARD, D. BREESE JONES et AMOS E. BLUM (1949) [49], qui insistent sur le fait que la globuline dose 14,72% d'arginine, alors que la farine totale n'en contiendrait que 7,72%.

En 1947, C. M. LYMAN, K. KUIKEN et T. HALE [50] ont décelé et dosé dans des tourteaux l'histidine, l'arginine, la lysine, la valine, les leucines, la méthionine, la phénylalanine, la thréonine et le tryptophane. D'après ces mêmes auteurs, le coton serait plus riche en acides aminés basiques que la farine d'arachides. K. KUIKEN et C. M. LYMAN (1948) [51] assignent aux protéines brutes de la farine la composition suivante en acides aminés :

Arginine	11,30
Histidine	2,57
Isoleucine	3,51
Leucine	6,23
Lysine	4,16
Méthionine	1,61
Phénylalanine	5,20
Thréonine	3,36
Tryptophane	1,46
Valine	4,84

Selon A. I. TARANOVA (1951) [52], l'extraction à l'eau, aux solutions alcalines et hydroalcooliques du tourteau de graines, fournit un concentré de protéines contenant 87% de l'azote total et dont la composition différerait faiblement de celle de la matière première.

Arginine	20,45
Histidine	3,60
Lysine	5,75
Tyrosine	1,50
Tryptophane	1,78
Cystine	1,15
Méthionine	1,49

45% de la méthionine seraient perdus pendant la fabrication de la farine alimentaire.

En ce qui concerne le traitement thermique humide que les produits déshuilés doivent subir avant de pouvoir entrer dans l'alimentation, C. R. INGRAM, W. CRAVENS et C. A. ELVEHJEM ont montré [46] que la valeur d'une farine « dégossypolée » n'est guère réduite après 15 min de chauffage à l'autoclave sous 15 lb de pression, bien que cette opération doive être suivie d'un séchage de 24 h à 140° F ; un autoclavage d'une heure sous 15 lb ne réduirait pas sensiblement la récupération des acides aminés de la farine, mais la valeur nutritive des protéines serait réduite de 50% quand le traitement se poursuit pendant 4 h. Lysine et cystine paraissent être dégradées en ordre principal. Quand le

tourteau est cuit à des températures excédant les 200° F, la valeur nutritive diminue rapidement.

Même la pression hydraulique des graines, en vue de l'extraction de l'huile, entraînerait, d'un lot à l'autre, des variations notables dans les proportions d'acides aminés présents. Au point de vue dégradation des protéines, une farine préparée en partant de graines déshuilées aux solvants organiques, serait plus sensible aux traitements thermiques ultérieurs que les tourteaux de pression.

### COMPOSITION EN ACIDES AMINÉS

#### DE TOURTEAUX DE COTON DU CONGO BELGE (1).

§ 1. Composition d'une farine fine de coton de préparation américaine.

A titre comparatif, il a été procédé à l'étude d'une farine américaine provenant de graines extraites mécaniquement à la presse, le gossypol ayant été inactivé par la chaleur [53].

La farine fine et sèche dose 9,36% d'azote, ce qui correspond à une teneur de 58,5% de protéines brutes ( $N \times 5,83$ ).

L'analyse chromatographique des acides aminés selon MOORE et STEIN a donné les résultats repris dans le tableau XVI.

§ 2. Composition de tourteaux de graines de coton d'origine congolaise.

En vue de ces recherches, nous avons pu disposer de deux lots de tourteaux pressés l'un à l'huilerie de Businga, dans l'Ubangi ; l'autre à Tinda (Aketi), Uele.

(1) Nous remercions vivement le Prof. E. J. BIGWOOD d'avoir bien voulu mettre à notre disposition les lots de farine et de tourteaux faisant l'objet du présent travail.

TABLEAU XVI. — *Hydrolysats de farine de coton.*

Préparation américaine.

Composition de 100 g de produit sec (N = 9,36 g) (1).

	mM	g acide aminé	g anhydride	g N	% sur base molaire
Ac. aspartique	40,5	5,8	5,0	0,61	9,6
Ac. glutamique	80,5	11,7	10,3	1,12	19,2
Proline	15,5	2,1	1,8	0,26	3,9
Glycocolle	35,3	2,6	2,0	0,49	8,5
Alanine	28,5	2,6	2,0	0,40	6,9
Valine	24,9	2,9	2,5	0,35	6,0
Isoleucine	14,5	1,9	1,6	0,20	3,5
Leucine	25,8	3,4	2,9	0,36	6,1
Sérine	24,0	2,6	2,2	0,35	5,7
Thréonine	15,6	2,0	1,7	0,24	3,7
Méthionine (2)	2,4	0,4	0,3	0,04	0,6
Tyrosine	9,0	1,8	1,6	0,14	2,2
Phénylalanine	18,8	3,4	3,0	0,29	4,5
Histidine	10,1	1,5	1,3	0,41	2,5
Lysine	19,2	2,5	2,2	0,48	4,5
Arginine	41,3	7,2	6,5	2,31	9,8
1/2 cystine	9,1	1,1	0,9	0,13	2,2
Tryptophane	2,9	0,7	0,6	0,10	0,7
Total	417,9	53,6	48,4	8,28	100,0
NH <sub>3</sub> (corrigé)	75,6	1,3		1,08	
Total général				9,36	
N total (microkjeldahl)				9,36	
Rendement				100,0 %	

(1) Chiffres moyens de deux déterminations.

(2) Méthionine + (sulfoxyde + 20 %).

TABLEAU XVII. — *Hydrolysats de tourteau de graines de coton, originaire de Businga (Ubangi).*Composition de 100 g de produit sec (N = 7,51 g) <sup>(1)</sup>.

	mM	g acide aminé	g anhydride	g N	% sur base molaire
Ac. aspartique	36,3	4,8	4,3	0,51	10,3
Ac. glutamique	61,4	9,0	7,9	0,86	17,5
Proline	16,9	1,9	1,6	0,24	4,9
Glycocolle	28,2	2,1	1,6	0,39	8,1
Alanine	23,4	2,1	1,7	0,33	6,7
Valine	17,6	2,1	1,7	0,25	5,1
Isoleucine	12,1	1,6	1,4	0,17	3,5
Leucine	23,0	3,0	2,6	0,33	6,5
Sérine	21,2	2,2	1,8	0,30	6,1
Thréonine	16,0	1,9	1,6	0,22	4,5
Méthionine <sup>(2)</sup>	3,9	0,6	0,5	0,06	1,1
Tyrosine	7,8	1,4	1,3	0,11	2,2
Phénylalanine	17,6	2,9	2,6	0,25	5,1
Histidine	9,0	1,4	1,2	0,38	2,6
Lysine	15,7	2,3	2,0	0,44	4,5
Arginine	29,9	5,2	4,7	1,68	8,5
1/2 cystine	7,5	0,9	0,8	0,11	2,2
Tryptophane	2,5	0,6	0,5	0,09	0,7
Total	350,0	46,0	39,7	6,72	100,1
NH <sub>3</sub> (corrigé)	62,5	1,1		0,88	
Total général				7,60	
N total (microkjeldahl)				7,51	
Rendement				100,0 %	

<sup>(1)</sup> Chiffres moyens de deux déterminations.<sup>(2)</sup> Méthionine + (sulfoxyde + 20 %).

TABLEAU XVIII. — *Hydrolysats de tourteau de graines de coton, originaire de Tinda (Aketi, Uele).*

Composition de 100 g de produit sec (N = 7,98 g) (1).

	mM	g acide aminé	g anhydride	g N	% sur base molaire
Ac. aspartique	40,4	5,4	4,7	0,57	11,4
Ac. glutamique	62,0	9,1	8,0	0,88	17,6
Proline	15,5	1,8	1,5	0,22	4,5
Glycocolle	28,9	2,2	1,7	0,41	8,3
Alanine	22,9	2,0	1,6	0,32	6,5
Valine	18,6	2,2	1,8	0,26	5,3
Isoleucine	13,1	1,7	1,5	0,18	3,8
Leucine	21,5	2,8	2,4	0,30	6,1
Sérine	22,2	2,3	1,9	0,31	6,3
Thréonine	14,6	1,7	1,5	0,21	4,1
Méthionine (2)	3,8	0,6	0,5	0,07	1,1
Tyrosine	7,3	1,3	1,2	0,10	2,1
Phénylalanine	17,0	2,8	2,5	0,24	4,8
Histidine	8,3	1,3	1,1	0,35	2,4
Lysine	14,3	2,1	1,8	0,40	4,1
Arginine	33,1	5,8	5,2	1,86	9,3
1/2 cystine	7,4	0,9	0,8	0,10	2,1
Tryptophane	0,8	0,2	0,2	0,03	0,3
Total	351,7	46,2	39,9	6,82	100,1
NH <sub>3</sub> (corrigé)	65,3	1,1		0,91	
Total général				7,73	
N total (microkjeldahl)				7,98	
Rendement				96,8 %	

(1) Chiffres moyens de deux déterminations.

(2) Méthionine + (sulfoxyde + 20 %).

Finement moulus, ces tourteaux secs dosaient respectivement :

7,51% d'azote total, soit 43,8% de protides bruts, et

7,98% d'azote total, soit 46,5% de protides bruts.

Il est à remarquer que, du point de vue teneur protidique, les produits d'origine congolaise présentent entre eux une différence de l'ordre de 6%.

Parce que résultat d'un tamisage ayant éliminé les parties ligneuses, la farine américaine est proportionnellement plus riche en composés azotés.

La composition en acides aminés de chacun des tourteaux est donnée dans les tableaux XVII et XVIII.

### § 3. Commentaires.

A. — Quelle que soit la nature de l'échantillon : farine détoxiquée ou tourteau brut, on constatera que pour 100 g de produit sec :

1) La teneur en acides aminés essentiels selon ROSE est très voisine dans les trois cas ;

2) Les composés les plus abondants sont les diacides et l'arginine ;

3) Les acides aminés soufrés sont parmi les constituants mineurs ;

4) L'absence d'ornithine, d'hydroxyproline et de glucosamine ;

5) Le rendement du chromatogramme est bon.

Le tableau suivant résume ces observations :

	Farine		Tourteaux			
	américaine		Businga	Tinda		
Acides aminés essentiels (ROSE)	32	%	32,8	%	30,5	%
Acides les plus abondants	46	%	41,3	%	44,0	%
Acides soufrés	2,8	%	3,3	%	3,2	%
Rendement du chromatogramme	100	%	100	%	96,8	%

B. — Les deux lots de tourteaux du Congo belge, originaires, l'un de l'Ubangi, l'autre de l'Uele, montrent entre eux une concordance de composition en acides aminés parfois remarquable : seul pour l'acide aspartique, l'arginine et le tryptophane, des écarts d'une certaine importance sont à signaler.

### Tourteaux de graines de coton TINDA

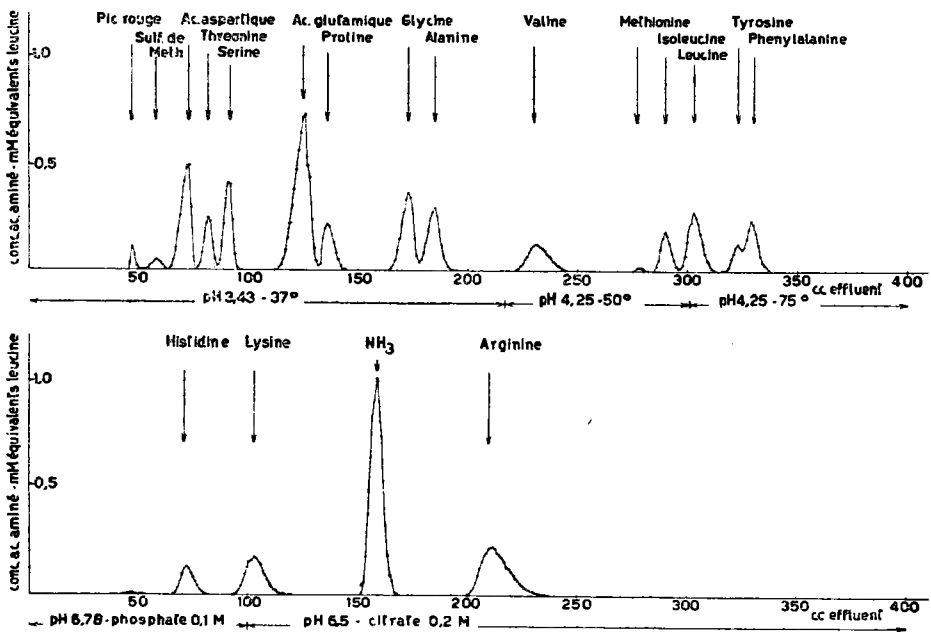


DIAGRAMME VII.

*En haut* : colonne de 100 cm.

*En bas* : colonne de 15 cm. Le premier petit pic non identifié pourrait bien être de la glucosamine.

Si l'on met en regard la moyenne des résultats, calculés sur base molaire, fournis par les lots du Congo et ceux obtenus pour la farine américaine, on constate ce qui suit :



1) La farine américaine est plus fournie en acide glutamique, en arginine, en valine, en lysine, en alanine, en glycocole ; pour les trois premiers composés, les différences sont de l'ordre de 10% ;

2) Les tourteaux bruts du Congo contiennent deux fois plus de méthionine, 20% de proline et 10% d'acide aspartique en plus que la farine usinée d'origine améri-

### Tourteaux de graines de coton BUSINGA

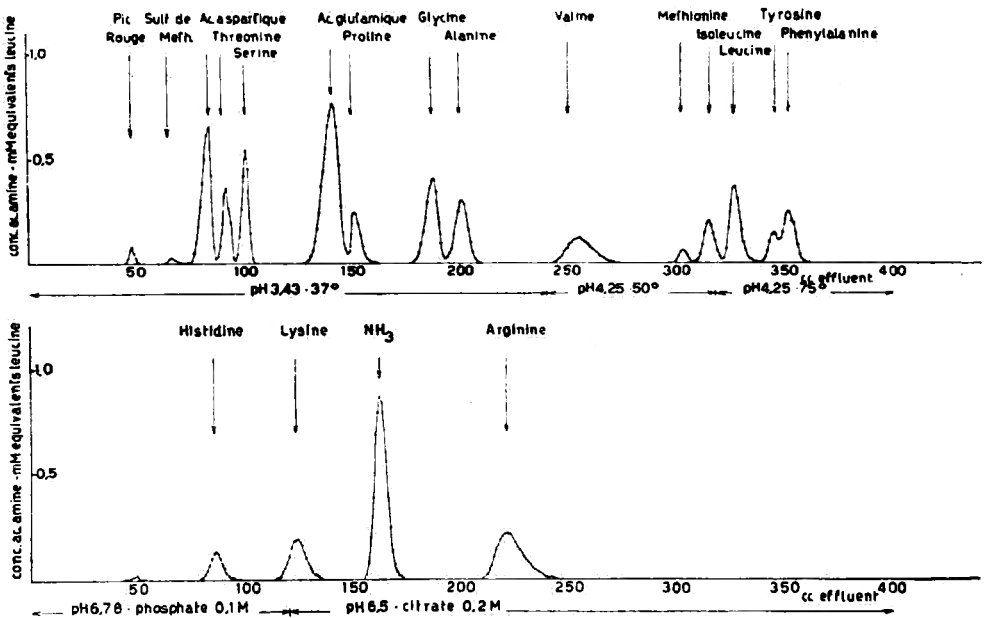


DIAGRAMME VIII.

Même légende que pour le diagramme VII.

caine ; pour la thréonine, la phénylalanine et la sérine, les différences sont faibles, mais réelles ;

3) Pour les leucines, la tyrosine, l'histidine et la cystine, les concordances sont remarquables.

C. — Les teneurs en soufre total des trois lots étudiés s'établissent comme suit, exprimées en mg pour 100 g de produit sec :

Farine américaine	528
Tourteau de Businga	427
Tourteau de Tinda	399

Les proportions relatives de S de la cystine et de la méthionine font apparaître une teneur en S non déterminé beaucoup plus importante dans la farine usinée que dans les tourteaux bruts ; ce déficit dans la farine américaine paraît bien devoir être attribué à la méthionine, probablement détruite partiellement lors du « dégosypolage ».

	Farine américaine		Tourteaux du Congo Businga		Tinda	
Cystine S	290	54,9 %	238	54,5 %	235	58,9 %
Méthionine S	90	17,0 %	129	29,5 %	132,4	33,2 %
S non déterminé	148	28,1 %	70	16,0 %	31,6	7,9 %
S total	528	100,0 %	437	100,0 %	399,0	100,0 %

D. — Si nous comparons la quantité d'ammoniaque libérée par hydrolyse des protides bruts à la quantité d'acides dibasiques dosés, on en déduit que ces derniers ne se trouvent pas dans les lots examinés uniquement sous une forme amidée. Proportionnellement, la quantité d'acides libres doit être plus élevée dans la farine américaine que dans les tourteaux bruts ; sans doute que le traitement thermique en milieu humide aura provoqué une hydrolyse partielle, l'ammoniaque des amides mise en liberté par ce traitement ayant été volatilisée en totalité ou en partie.

Ammoniaque	Farine	Tourteaux	
	américaine	Businga	Tinda
Dosée	1,30	1,06	1,11
Pouvant provenir de l'hydrolyse de :			
l'asparagine	0,87	0,72	0,69
la glutamine	1,22	1,04	1,05
Total	2,09	1,76	1,74

§ 4. L'idée de compenser la déficience en protéines d'aliments de base par l'apport de tourteaux de coton n'est certes pas neuve.

En 1946 déjà, G. TONDEUR [54] l'avait avancée et en avait étudié les possibilités du point de vue économique. Dans le même ordre d'idées, M. CEPPEDE et M. LENGELLE ainsi que R. JACQUOT [55] ont posé naguère la question de l'utilisation des tourteaux d'arachides dans les pays de l'Union française.

Un des buts du présent travail était de rechercher jusqu'à quel point la farine ou le tourteau de coton (plus particulièrement au Congo belge) pouvait entrer en ligne de compte comme complément protidique du manioc roui.

Dans le tableau XIX ci-après, nous avons groupé les teneurs comparées en acides aminés de 100 g de protides bruts du coton et du manioc roui.

TABLEAU XIX.

	Coton			Manioc roui	
	Farine améri- caine	Tourteaux Businga	Tinda	Chiffres extrêmes	Nombre de déterminations
Acide aspartique	10,0	11,0	11,6	4,2 à 7,5	6
Acide glutamique	20,0	20,6	19,6	8,8 à 14,6	6
Proline	3,6	4,4	3,8	1,7 à 2,8	6
Glycocolle	4,4	4,8	4,7	2,3 à 3,8	6
Alanine	4,4	4,8	4,3	4,3 à 5,8	6
<i>Valine</i>	5,0	4,8	4,7	2,2 à 2,9	6
<i>Leucines</i>	9,1	10,5	9,7	5,3 à 6,5	6
Sérine	4,4	5,0	5,0	2,0 à 3,5	6
<i>Thréonine</i>	3,5	4,4	3,7	2,0 à 3,7	6
<i>Méthionine</i>	0,7	1,4	1,3	1,1 à 1,4	6
Tyrosine	3,1	3,2	2,8	1,5 à 2,0	6
<i>Phénylalanine</i>	5,8	6,6	6,0	2,5 à 2,6	6
Histidine	2,5	3,2	2,8	0,8 à 1,7	10
<i>Lysine</i>	4,2	5,2	4,6	1,4 à 5,9	10
Arginine	12,4	11,8	12,4	1,4 à 23,8	10
Ornithine	-	-	-	0,7 à 20,6	10
Hydroxyproline	-	-	-	1,4 à 7,6	3 lots sur 6
Glucosamine	-	-	-	0,3 à 14,6	4 lots sur 6
Cystine	1,8	2,1	1,9	0,6 à 1,3	13
<i>Tryptophane</i>	1,2	1,2	0,4	0,1 à 1,4	7

On remarque ce qui suit :

1) En ce qui concerne le coton, sur les 18 acides aminés dosés, 12 (parmi lesquels les 8 essentiels, selon ROSE) se retrouvent en moindres proportions dans la farine usinée ; seuls la valine, la tyrosine et l'arginine sont plus abondants dans la farine ; les teneurs en acide glutamique, en alanine, en tryptophane sont sensiblement identiques. Nous considérons la dose particulièrement faible en tryptophane du tourteau de Tinda comme accidentelle. Notons également que la composition proposée par nous concorde remarquablement avec celle publiée par KUIKEN et LYMAN en 1948.

2) Par rapport au coton, le manioc roui est, dans l'ensemble, beaucoup plus fourni en arginine et plus pauvre en la plupart des autres acides aminés. Pour nous limiter aux acides essentiels selon ROSE, le déficit est de l'ordre de 50% pour la valine et la phénylalanine, de 40% pour les leucines ; pour la méthionine, le tryptophane et la thréonine, les proportions sont voisines. En ce qui concerne la lysine, la variabilité est trop grande dans les lots de manioc roui pour permettre de tirer des conclusions ; dans l'ensemble pourtant, ils paraissent être déficients.

Du point de vue diététique, le coton pourrait ainsi compenser les déficiences du manioc roui en valine, phénylalanine et leucines, mais non en tous les acides aminés essentiels. Il est connu, en effet, que le coton par lui-même n'est pas un aliment rigoureusement équilibré et que pour avoir une bonne croissance des animaux d'expérience, la farine doit être enrichie en lysine, en méthionine et en tryptophane.

Nous croyons pourtant que la farine de coton, complètement protidique du manioc roui de consommation, peut apporter une solution pertinente, bien que partielle, au

problème de la carence en protéines des populations autochtones du Congo belge et du Ruanda-Urundi.

Cette restriction est motivée par les considérations suivantes :

1) Le transport de la farine ou du tourteau de graines de coton vers d'autres régions que celles où la culture est faite par les indigènes grèverait par trop le prix de revient de l'améliorant ;

2) Même si tout le tonnage disponible en 1952 avait pu être réservé à la consommation locale, une distribution hebdomadaire de 500 g de tourteau par tête (soit moins de 250 g de protides bruts) n'aurait même pas été suffisante pour apporter une amélioration sensible à l'habituel des quelque 700.000 planteurs indigènes de coton ;

3) Sans faire étalage d'un pessimisme outrancier, on peut prévoir que les travailleurs industriels et les évoluants seront les premiers, si pas les seuls pendant longtemps peut-être, à bénéficier de ce progrès éventuel. Les premiers verront compenser rationnellement le manioc de la ration distribuée par l'employeur ; les autres se seront peut-être décidés, à force de persuasion, à procéder eux-mêmes au mélange. En tout état de cause, la grosse masse de la population rurale, si souvent rebelle à toute initiative du Blanc dans le domaine alimentaire, n'acceptera la nouveauté qu'avec la plus grande circonspection. Et même adoptée par la ménagère indigène, le dosage de l'améliorant posera des problèmes dont on aurait tort de sous-estimer la difficulté.

Bien que son emploi soit limité, provisoirement tout au moins, aux milieux plus ouverts au progrès et où son introduction dans l'alimentation ne peut donner lieu à des mécomptes, le tourteau détoxiqué de graines

de coton peut être appelé à procurer un appoint certain en protéines alimentaires.

Mais ceci est loin d'épuiser la question ; le problème vital de l'approvisionnement reste entier pour quelque 8 millions d'habitants disséminés dans les villages coutumiers du Congo.

C'est la tâche urgente et humanitaire dont il y a lieu de poursuivre la réalisation.

## SAMENVATTING.

Cassave bekleedt wel de eerste plaats in de voeding van de inheemse stammen in Centraal-Afrika.

Het is bekend dat het droog meel voor 94% bestaat uit koolhydraten naast bij de 2% bruto protiden, zodat een kg meel over de 3.000 cal kan opleveren terwijl het organisme maar 18 g bruto protiden ten goede zouden komen. Beslist is deze hoeveelheid te laag, desniettemin mag ze niet versmaad worden in een land waar er doorgaans tekort is aan dit nutriënt.

Het protidengebrek der inlandse bevolking verhelpen is stellig geen gemakkelijk probleem : al de voorgestelde oplossingen zijn ofwel eenzijdig, ofwel stuit hun toepassing op moeilijkheden van practischen aard tenzij ze indruisen tegen oeroude gewoonten en gebruiken die mettertijd met veel tact en geduld dienen uitgeroeid.

Het is nochtans te voorzien dat cassave nog gedurende jaren het hoofdbestanddeel der voeding zal blijven en voor miljoenen mensen de schim van hongersnood zal helpen verdrijven.

Het doel van deze verhandeling was de aminozuur-samenstelling van de cassavewortels te bepalen om zo mogelijk het tekort aan essentiële zuren te kunnen vergoeden door toevoegen van gemakkelijk genaakbare proteïnen uit inheemse of uit op industriële schaal geteelde planten.

Om de hydrolyse van het in cassavewortels aanwezige heteroside te vergemakkelijken, worden ze groot. Deze behandeling brengt een denaturatie van proteïnen en zelfs een partiele degradatie van enkele onder hen met

zich mede. Dat nu het rotingsproces niet altijd op dezelfde manier kan verlopen zal niemand verwonderen : het resultaat ervan zal zijn dat het practisch onmogelijk wordt van het ene monster tot het andere een vergelijkbare samenstelling te verkrijgen. De verschillen uiten zich door grote schommelingen in de oplosbaarheid in zout- en waterige alcoholoplossingen en vooral in de verhouding der diverse aminozuren.

Een van de karakteristieken van gerote cassave is wel de aanwezigheid van ornithine dat zelden of nooit in plantaardige proteïnen voorkomt en dat waarschijnlijk voortkomt uit de afbraak van arginine, van glucosamine denkkelijk gesynthetiseerd gedurende het drogen in de zon der natte wortels in aanwezigheid van vrijgekomen ammonia, van hydroxyproline gevormd door oxydatie van glutaminezuur. Het drogen, in aanwezigheid van door oxydatie van onverzadigde vetzuren gevormde peroxyden, kan ook de vorming van organische zwavelcomplexen ten nadele van cystine, gebeurlijk methionine, voor gevolg hebben, en ook wel de afbraak van enkele aminozuren waaronder arginine, tyrosine, tryptophaan en ook wel, doch in zekere mate, glutaminezuur.

Er werd overgegaan tot de studie van protiden uit katoenmeel en -koek, met het oog op hun gebruik tot veredelen van cassavemeel. Op gebied van proteïnen is katoenmeel geen volledig voedsel en hoort het zelf reeds aangerijkt te worden met lysine, methionine en tryptophaan.

Gebeurlijk zou katoenmeel het tekort van cassave aan valine, phenylalaline en de beide leucinen kunnen vergoeden.



## BIBLIOGRAPHIE

- [1] Voir notamment : S. B. ETORMA, *Philippine J. of Agr.*, **7**, 408 (1936). — J. E. DE GROOT et D. R. KOOLHAAS, *Landbouw*, **13**, 239 (1937) et *Econ. Wbl. Ned. Indië*, **6**, 1543 et 1590 (1937). — W. F. DONATH, *Econ. Wbl. Ned. Indië*, **7**, 1130 (1938). — P. A. ROWAAN, *Ind. Mercur*, **63**, 343 (1940). — J. R. FURLONG, *Bull. Imp. Inst.*, **XL**, 257 (1942).
- [2] E. L. ADRIAENS et O. HESTERMANS-MÉDARD, *Bull. Agric. du Congo belge*, **XLV**, 1-27 (1954).
- [3] E. A. GRAVER, F. A. de MOURA CAMPOS, O. PAULA SANTOS, D. ORSINI et C. S. NOGUEIRA, *Nutr. Abs. and Rew.*, **16**, 43 (1946).
- [4] Cité par M. ANGLADETTE, Congrès du Manioc (*Institut Colonial de Marseille*), 1949, p. 161.
- [5] L. LEHRMAN, *J. Am. Chem. Soc.*, **54**, 2527 (1932).
- [6] A. G. VAN VEEN en J. C. LANZING, *Geneesh. T. v. N. I.*, **LXXXI**, 2330 (1941).
- [7] J. KIGER, Congrès du Manioc, 1949, p. 79.
- [8] V. V. SREERAMAMURTHY, *Ind. Journ. Med. Res.*, **33**, 229 (1945).
- [9] B. R. JACOBS in D. W. KENT-JONES and A. J. AMOS, *Modern Cereal Chemistry*, 4<sup>e</sup> ed., Liverpool, 1947.
- [10] B. SULLIVAN and W. E. PAYNE, *Cereal Chemistry*, **28**, 340 (1951).
- [11] A. M. MAC LEOD, *J. Inst. Brew.*, **LXII**, 163 (1951)
- [12] A. ALLSOPP, *Nature*, **161**, 833 (1948).
- [13] N. O. BATHURST, *J. Sci. Food Agric.*, **4**, 221 (1953).
- [14] J. M. LEFEBVRE, *Ann. Agronomiques*, **4**, 77 (1953).
- [15] A. MOYSE, *L'Année Biologique*, **LV**, 608 (1951).
- [16] M. MACHEBOEUF et al., *Bull. Soc. Chim. Biol.*, **32**, 924 (1950) et **35**, 399 (1953)
- [17] P. DUBOULOZ et J. FONDARI, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, **35**, 819 (1953).
- [18] J. CLOSE, E. L. ADRIAENS, S. MOORE et E. J. BIGWOOD, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, **35**, 985 (1953).
- [19] S. MOORE and W. STEIN, *J. Biol. Chem.*, **192**, 663 (1951).
- [20] E. SCHRAM, J. P. DUSTIN, S. MOORE et E. J. BIGWOOD, *Anal. Chim. Acta*, **9**, 149 (1953).
- [21] E. SCHRAM, S. MOORE and E. J. BIGWOOD, *Biochem. Journ.* **57**, 33 (1954).
- [22] F. CHINARD, *J. Biol. Chem.*, **199**, 91 (1952).
- [23] J. P. DUSTIN, C. CZAJKOWSKA, S. MOORE et E. J. BIGWOOD, *Anal. Chim. Acta*, **9**, 257 (1953).

- [24] T. CHRZASZEZ et M. ZAKOMORNY, *Biochem. Z.*, **273**, 31 et **275**, 97 (1934).
- [25] A. I. GRETSCHUSNIKOFF, *C. R. Acad. Sci. U. R. S. S., N. S.*, **II**, **8**, 335 (1934).
- [26] J. CASIMIR et T. TRZCINSKI, *Bull. Inst. Agron. Stat. Rech. Gembloux*, **XX**, 178 (1952).
- [27] N. N. IWANOFF, *Biochem. Z.*, **136**, 9 (1923) et **162**, 425 (1925).
- [28] W. H. STEIN et S. MOORE, *J. Biol. Chem.*, **190**, 105 (1951).
- [29] E. J. BIGWOOD, et E. L. ADRIAENS, Interafrican Nutrition Conference Fajara (Gambia), 1952.
- [30] P. BOULANGER, *L'Alimentation et la Vie*, **XXXIX**, 215 (1951); F. CHALLENGER, *Endeavour*, **XII**, 173 (1953).
- [31] W. C. ROSE, W. J. HAINES et D. T. WARREN, *J. Biol. Chem.*, **206**, 430 (1954).
- [32] J. F. BROCK et M. AUTRET, Le Kwashiorkor en Afrique. Études de la Nutrition de la F. A. O.; n° 8, 1952. — C. DRICOT, P. BEHEYT et P. CHARLES, *Ann. Soc. Belge de Méd. Tropicale*, **XXXI**, 581 (1951).
- [33] E. VAN OYE, *Inst. Roy. Col. Belge, Bull. Séances*, **XXIV**, 632 (1953).
- [34] E. L. ADRIAENS in H. SCAETTA, *Bull. Agric. Congo belge*, **XXVII**, 323 (1936).
- [35] E. J. BIGWOOD, Les problèmes actuels de la nutrition, Symposium de Bâle, 14 oct. 1952, *Experientia*, Supplém. I. P. SOUPART, S. MOORE et E. J. BIGWOOD, *J. Biol. Chem.*, **206**, 699 (1954).
- [36] E. J. BIGWOOD, R. CROKAERT et E. BILINSKI, *Bull. Acad. Roy. de Méd. de Belgique*, VI<sup>e</sup> série, T. XVIII, 82 (1953).
- [37] L. C. MAILLARD, *C. R. Acad. Sc. Paris*, **154**, 66 (1912). — *Ann. Chim.* (9), **5**, 258 (1916).
- [38] C. H. LEA et R. S. HANNAN, *Biochim. Biophys. Acta*, **3**, 313 (1949).
- [39] R. R. BALDWIN, J. R. LOWRY et REINHARDT THIESSEN Jr, *Food Research*, **16**, 107 (1951).
- [40] J. C. ALEXANDER et D. C. HILL, *Journ. Nutrition*, **48** (2), 149 (1952).
- [41] K. HEYNS et K. H. MEINECKE, *Chem. Ber.*, **86**, 1453 (1953).
- [42] H. CHANTRENNE, *L'Industrie Chimique Belge*, **XVIII**, 1291 (1953).
- [43] G. NEIRINCKX, *Bull. Agric. Congo Belge*, **XXXIX**, 819 (1949).
- [44] W. R. RUEGAMER, *Arch. Biochem.*, **22**, 236 (1949) d'après *Nutr. Abs. and Rews.*, 1950.
- [45] L. R. RICHARDSON et L. G. BAYLOCK, *Poultry Sc.*, **29**, 651 (1950) d'après *Nutr. Abs. and Rews.*, 1950.
- [46] C. R. INGRAM, W. W. CRAVENS et C. A. ELVEHJEM, *Poultry Sci.*, **29**, 590 (1950) d'après *Nutr. Abs. and Rews.*, 1950.
- [47] T. D. FONTAINE, H. S. OLCOTT et A. LOWRY, *Ind. Eng. Chem.*, **34**, 116 (1942).
- [48] E. BRAND, F. J. RYAN et E. M. DISKANT, *J. Am. Chem. Soc.*, **67**, 1532 (1945).
- [49] J. HORN MILLARD, D. BREESE JONES et AMOS E. BLUM, *J. Biol. Chem.*, **176**, 59 (1948) — **177**, 697 (1949).

102 RECHERCHES SUR LA COMPOSITION EN ACIDES AMINÉS

- [50] C. M. LYMAN, K. KUIKEN et T. HALE, *Texas Agric. Exp. Stat. Bull.*, n° 692 (1947) d'après *Nutr. Abs. and Rew.*, 1948-49.
- [51] K. A. KUIKEN et C. M. LYMAN, *Journ. Nutrition*, 36, 359 (1948).
- [52] A. I. FARANOVA, *Gigiena I. Sanat.*, n° 11, 34 (1951), d'après *Chem. Abstr.*, 46, 4142 (1952).
- [53] E. L. ADRIAENS et E. J. BIGWOOD, *Bull. Soc. Chim. Biol.* 36, 579 (1954).
- [54] G. TONDEUR, *Bull. Agric. Congo belge*, XXXVIII, 3 (1947) — M. CEPPEDE et M. LENGELLE, R. JACQUOT, *Oléagineux*, 8 (1953).

## TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION .....	3
PREMIÈRE PARTIE. — Recherches sur les protides du manioc ....	8
État de la question .....	8
<i>Chapitre I.</i> — Extraction des protides du manioc .....	12
<i>Chapitre II.</i> Composition en acides aminés des protides du manioc .....	21
<i>Chapitre III.</i> Recherches spéciales sur certains acides aminés du manioc .....	50
§ 1. Arginine et ornithine .....	50
§ 2. Acides aminés soufrés .....	61
<i>Chapitre IV.</i> Considérations d'ensemble sur les protides du manioc. Essai d'interprétation .....	69
DEUXIÈME PARTIE. — Recherches sur les protides du coton ....	83
État de la question .....	83
Composition en acides aminés de tourteaux de coton du Congo belge .....	86
Samenvatting .....	98
Bibliographie .....	100





