

UTILISATION EN ALIMENTATION HUMAINE DE LA GRAINE DE COTON SANS GOSSYPOL ET DE SES DÉRIVÉS*

par

A. CORNU, F. DELPEUCH, J.-C. FAVIER

Nutritionnistes ORSTOM**

Laboratoire de Nutrition de l'O.N.A.R.E.S.T.

B. P. 193 Yaoundé (République Unie du Cameroun)

Des essais d'introduction d'amandes et de farine de graines de coton sans gossypol dans l'alimentation de populations tchadiennes et nord-camerounaises ont été tentés.

Les essais ont principalement porté sur une farine de graines de coton sans gossypol délipidée, à 56 p. 100 de protéines. Le mélange avec des farines de mil ou de sorgho est possible et permet de préparer les principaux plats de ces régions. Les essais d'acceptabilité ont montré que la farine est bien appréciée, en particulier sous forme de sauces. La croissance de jeunes enfants a été améliorée par la consommation pendant six mois d'une bouillie de mil et de farine de coton. Des essais de fabrication de biscuits et de pâtes alimentaires ont été tentés. Les amandes de graines de coton à 32 p. 100 de protéines et 33 p. 100 de lipides ont été consommées avec succès. 4,5 tonnes d'amandes ont été vendues dans la zone de culture du cotonnier « glandless » à un prix égal à celui du sorgho.

INTRODUCTION

Parmi toutes les solutions envisagées pour augmenter les disponibilités en protéines des populations des pays en développement, l'utilisation des graines de coton, produites sur place par certains de ces pays, est restée au second plan jusqu'à ces dernières années en raison de la présence dans la graine d'un

* Étude subventionnée par le F.A.C. général (décision d'aide n° 252/CD/71/VI/S/Ig) pour le compte de l'I.R.C.T. et par la D.G.R.S.T. (décision d'aide n° 74/7/1202).

** Office de la recherche scientifique et technique outre-mer.

pigment toxique pour l'homme, le gossypol. La richesse en protéines de l'amande de la graine de coton à l'état brut (30 p. 100) et du tourteau livré par les huileries (40 à 60 p. 100) justifie en effet l'intérêt que portent les nutritionnistes à ces produits. Mais leur utilisation en alimentation animale et surtout en alimentation humaine a été limitée par la toxicité du gossypol que de nombreux travaux ont montré et qui affecte surtout les monogastriques [AMBROSE et ROBBINS, 1951; BRESSANI et SCRIMSHAW, 1963; CLAWSON et coll., 1961; DANKE et TILLMAN, 1965; HALE et LYMAN, 1957; JARQUIN et coll., 1966; KORNEGAY et coll., 1961; REISER et FU, 1962; SMITH et CLAWSON, 1965; SMITH et CLAWSON, 1970; SHARMA et coll., 1966; TACHER, 1971].

Malgré la mise au point de processus d'élimination du gossypol [BRESSANI, 1965], les farines de coton purifiées n'ont pas eu le succès attendu. Les procédés de purification sont complexes car il s'agit d'éliminer un maximum de toxique sans altérer la valeur nutritive de la graine [BRESSANI, 1968; VIX, 1968; FAO, 1971]. De plus, la plupart des pays producteurs de coton ne disposent pas de l'arsenal technologique nécessaire pour mener à bien de telles opérations.

Aussi les travaux du généticien MICHAEL (1959), aboutissant à la sélection de variétés de cotonniers dits « glandless » pratiquement dépourvus de glandes à gossypol, ont apporté des perspectives nouvelles d'utilisation des graines de coton en alimentation.

C'est ainsi qu'à partir de 1958 l'Institut de recherches du coton et des textiles exotiques (I.R.C.T.) a poursuivi au Tchad puis au Mali et au Cameroun un programme de création de variétés de cotonniers « glandless » adaptées aux conditions particulières de ces pays [FOURNIER et ROUX, 1972; LANCEREAUX, 1974; MARTIN, 1973; MARTIN, 1974; ROUX, 1972]. Depuis, la valeur alimentaire des dérivés de la graine de coton « glandless » a été plusieurs fois démontrée [BUI XUAN NHUAN, 1971; HELLEGOUARCH et coll., 1967; KRISHNAMOORTHY, 1965; LAURE, 1973]; pourtant aussi intéressants qu'ils soient sur le plan nutritionnel, ces produits resteront sans valeur si les populations concernées refusent de les consommer. C'est pourquoi l'objectif de cette étude a été de rechercher les possibilités d'utilisation de la graine sans gossypol et de ses dérivés, notamment la farine délipidée issue du tourteau, dans l'alimentation quotidienne de populations africaines. Pour cela, nous nous sommes attachés à répondre aux questions suivantes :

— la farine de coton peut-elle être introduite dans les préparations culinaires propres aux populations du Tchad et du Nord-Cameroun et constituer une denrée alimentaire d'utilisation facile et de consommation agréable?

— les populations concernées feront-elles une consommation régulière de ces aliments inhabituels et seront-elles disposées à dépenser de l'argent pour se les procurer?

— la farine de coton est-elle un aliment utilisable par les jeunes enfants dont les besoins azotés ne sont pas toujours couverts?

— l'amande et le tourteau peuvent-ils être également consommés couramment?

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Sans pour autant négliger l'intérêt d'une production industrielle d'aliments composés à base de farine de coton, force est de constater, à la lumière des expériences passées, que de tels produits sont presque toujours trop chers et hors de portée des populations auxquelles ils étaient primitivement destinés. Il nous a donc paru plus intéressant d'orienter notre étude sur les dérivés de la graine de coton sous leur forme la plus simple : amande, tourteau, farine.

I. Lieu d'expérimentation, populations concernées.

Ce travail a été réalisé au Tchad et au Nord-Cameroun dans les régions rurales productrices de coton en zone soudano-sahélienne, mais également auprès de la population urbaine de N'Djamena où se rencontre une grande variété d'ethnies en provenance des diverses provinces du Tchad et donc une certaine variété des goûts et des habitudes alimentaires.

II. La graine de coton sans gossypol et ses dérivés*.

Les amandes et le tourteau ont été fournis par l'huilerie de Moundou au Tchad.

Les amandes sont obtenues directement après le décorticage des graines; ensachées hermétiquement aussitôt après, elles gardent l'intégralité de leurs structures cellulaires et se conservent bien malgré leur taux de lipides de 33,7 p. 100 (tableau 1). Avec 31,9 p. 100 de protéines elles constituent une bonne source de matières azotées. Les résultats de l'analyse bactériologique réalisée à l'I.E.M.V.T.** de N'Djamena sont convenables. Les amandes ne nécessitent pour l'emploi qu'un pilonnage rapide, le tamisage étant facultatif.

* Liste des laboratoires ayant assuré les analyses :

- analyse globale : Laboratoire de Nutrition de l'O.N.A.R.E.S.T.;
- acides aminés : Laboratoire de Nutrition de l'O.N.A.R.E.S.T. et Laboratoire d'études du métabolisme azoté (I.N.R.A.-T.H.E.I.X.);
- vitamines du groupe B : Service des vitamines de l'institut Pasteur de Lyon;
- aflatoxine : École nationale supérieure de meunerie et des industries céréalières;
- gossypol : Centre de technologie et de chimie de l'I.R.C.T.;
- bactériologie : Laboratoire de bactériologie alimentaire et industrielle;
- mycologie : Laboratoire de biologie végétale de la faculté des sciences de Brest.

** Institut d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux.

TABLEAU I

Composition chimique des dérivés de la graine de coton sans gossypol
(p. 100 g de matière fraîche)

	Amande	Tourteau	Farine délipidée	Recommanda- tions PAG 1972 p. 100 g de matière fraîche
Eau (g).....	4,9	8,7	5,1	10,0 maximum
Protides [N × 6,25] (g).....	31,9	40,1	56,1	50,0 minimum
Lipides (g).....	33,7	19,8	3,8	6,0 maximum
Glucides totaux (g).....	19,2	14,3	27,0	—
Insoluble formique (g).....	4,2	10,4	6,8	—
Cendres (g).....	6,1	6,7	8,0	—
Calcium (mg).....	—	200	162	—
Phosphore (mg).....	—	1 286	1 546	—
Ca/P.....	—	0,16	0,10	—
Sodium (mg).....	—	—	30	—
Potassium (mg).....	—	—	1 797	—
Fer (mg).....	—	—	19	—
Insoluble chlorhydrique (mg).....	—	—	37	100 maximum
Thiamine (mg)*.....	—	—	2,4	—
Riboflavine (mg)*.....	—	—	0,3	—
Pyridoxine (mg)*.....	—	—	0,9	—
Niacine (mg)*.....	—	—	4,2	—
Acide pantothenique (mg)*..	—	—	1,2	—
Folate (mg)*.....	—	—	0,3	—
Biotine (mg)*.....	—	—	0,1	—
Lysine disponible (g/16 gN) ..	—	—	3,3	3,6

* Résultats obtenus par le Service des vitamines de l'Institut Pasteur de Lyon.

Le tourteau brut livré par l'huilerie a dû être pilé et tamisé de manière à éliminer la majeure partie des débris de coques et de linter. Sa teneur élevée en protéines (40,1 p. 100) pourrait en faire un aliment très intéressant mais il est trop gras pour pouvoir être conservé (tableau 1). Les matières grasses rancissent et leur indice d'acidité s'élève rapidement (164 mg de potasse par gramme de matières grasses après six mois de stockage à température ambiante). Par ailleurs il est fortement contaminé par des germes, notamment indologènes et coliformes. Tel qu'il est produit actuellement à l'huilerie de Moundou, on ne peut envisager son utilisation en alimentation humaine et nous avons renoncé à l'expérimenter.

La farine est une farine de type « fine fleur » préparée à la S.O.D.E.C. de Lyndiane (Sénégal) à partir de graines de coton « glandless » originaires du Mali. Elle est correctement délipidée et sa teneur en protéines, 56 p. 100, répond aux normes recommandées par le Groupe consultatif des organismes des Nations unies sur les protéines et les calories (P.A.G., 1972) [tableau 1]. Par contre l'indice chimique calculé par rapport aux protéines de l'œuf (F.A.O., Rome, 1971) ne dépasse pas 43,5 à 47,5 selon les analyses, l'isoleucine étant l'acide aminé limitant; les acides aminés soufrés et la lysine sont déficitaires à un moindre degré. La farine de coton est une bonne source de vitamines du groupe B, en particulier de thiamine et d'acide folique (O.M.S., 1974).

Selon les lots de farine examinés, le nombre de germes microbiens totaux varie entre cent mille et un million par gramme; aucun staphylocoque et aucune salmonelle n'ont été trouvés. La plupart des lots de farine contiennent des moisissures dont *Absidia corymbifera* qui peut accroître le déficit des acides aminés soufrés et *Aspergillus flavus* qui élabore des toxines. Les recherches d'aflatoxines ont cependant été négatives. Les teneurs en gossypol total et en gossypol libre sont faibles : respectivement 0,1 et 0,02 p. 100.

En dépit de sa qualité bactériologique médiocre cette farine peut être considérée comme utilisable en alimentation humaine puisqu'elle n'est destinée à être consommée qu'après cuisson.

III. Méthodes.

Afin de mieux connaître les possibilités d'utilisation des dérivés de la graine de coton sans gossypol en alimentation humaine, nous avons procédé à diverses enquêtes et expérimentations.

1. INTRODUCTION DE LA FARINE DE COTON DANS LA CUISINE TRADITIONNELLE : ASPECT TECHNOLOGIQUE ET ACCEPTABILITÉ.

Cette première partie de notre étude a eu pour but de répondre à la question : la farine de coton peut-elle être introduite dans les préparations culinaires propres aux populations du Tchad et du Nord-Cameroun et constituer une denrée alimentaire d'utilisation facile et de consommation agréable?

Nous avons tenu compte du fait que la graine de coton n'est pas un aliment inconnu pour certaines populations des régions productrices de coton du Tchad et du Cameroun. C'est pourquoi une enquête par questionnaire a été réalisée auprès de 2 507 personnes de ces régions afin de déterminer l'importance, les motivations et les modalités de cette consommation traditionnelle.

Par ailleurs, les modifications des habitudes alimentaires occasionnées par l'introduction d'aliments nouveaux constituent un obstacle majeur à l'adoption de ces produits. Afin de ne pas se heurter à un refus il convient de rechercher des possibilités d'introduction qui allient la simplicité de préparation des plats à la satisfaction des goûts et des désirs des populations.

Pour cela nous avons dressé un inventaire des préparations culinaires de large consommation dans lesquelles on peut envisager l'introduction de farine de coton, et nous avons déterminé pour chacune d'entre elles, sur un nombre restreint d'individus, la proportion de farine sans gossypol qui donne le résultat le plus satisfaisant. Puis des épreuves d'acceptabilité ont été organisées auprès de 3 531 personnes pour essayer de définir quels sont les plats à base de farine de coton sans gossypol les plus appréciés et tester les réactions des consommateurs. La méthode dite de « l'essai triangulaire » [VESSEREAU, 1965] n'a pu être retenue, les plats contenant la farine sans gossypol prenant une couleur brune. Une méthode par paire a été utilisée [MATALON, 1965]. Chaque dégustateur, placé devant deux plats dont un contenait de la farine sans gossypol, devait donner sa préférence et ensuite qualifier chacun des plats en fonction de trois caractéristiques : couleur, saveur, consistance, en utilisant les qualificatifs de très bon, bon, assez bon, médiocre, mauvais, très mauvais. Pour l'analyse statistique des résultats nous avons attribué des notes allant de 1 (très mauvais) à 6 (très bon). Les différences significatives au seuil de 0,05 ont été établies par un test de Khi 2 et par un test de comparaison de moyennes.

2. ESSAIS DE CONSOMMATION PROLONGÉE.

Il ne suffit pas que la graine de coton soit bien acceptée pour que son succès soit assuré. Il est important aussi de savoir si une consommation de longue durée peut être envisagée. C'est pourquoi deux essais de consommation de longue durée ont été réalisés :

- sur une période de cinq semaines chez vingt-huit adolescents groupés en camp scolaire et chargés de préparer eux-mêmes leurs repas;
- sur une période de six semaines chez quatorze familles d'agriculteurs, représentant quarante-sept personnes.

3. ESSAIS DE TOLÉRANCE PHYSIOLOGIQUE ET DE CROISSANCE.

Afin de déterminer si la farine de coton est un aliment utilisable par les jeunes enfants, un essai a été réalisé avec deux groupes de 29 sujets de cinq à six ans. Au départ, ces enfants, bien qu'accusant un déficit pondéral, étaient

tous en bonne santé. Un déparasitage intestinal systématique a été réalisé avant le début de l'expérimentation, celle-ci ayant été poursuivie pendant vingt-six semaines avec deux interruptions au moment des vacances scolaires. Au cours de ces six mois, l'évolution du poids, de la taille, de la circonférence du bras à mi-hauteur et du pli cutané tricipital a été suivie. Pendant toute la durée de l'expérience les enfants ont reçu chaque matin, cinq jours par semaine, une bouillie venant en supplément des repas pris normalement à la maison. Le groupe témoin recevait une bouillie de mil sucrée; celle du groupe expérimental contenait 70 p. 100 de farine de graines de coton. Les deux bouillies étaient isocaloriques (tableau II) et avaient une teneur en matière sèche identique.

TABLEAU II

Apports nutritionnels des bouillies

(en quantités consommées par jour et par enfant)

	Bouillie de farine de mil			Bouillie de farine de mil + farine de coton		
	Ingrédients g	Protéines g	Calories	Ingrédients g	Protéines g	Calories
Farine de mil.....	33.5	2.5	108.7	6	0.5	20.7
Farine de coton...	—	—	—	26	14.5	91
Sucre.....	5.6	—	21.3	4.8	—	18.3
TOTAL....	37.1	2.5	130	36.8	15.0	130

4. INTRODUCTION DE LA FARINE DE COTON DANS DES ALIMENTS MANUFACTURÉS.

L'incorporation de farine de coton à des pâtes alimentaires et des biscuits à diverses concentrations a été tentée.

5. ESSAIS RÉALISÉS AVEC DES AMANDES SANS GOSSYPOL.

Devant l'impossibilité d'expérimenter avec du tourteau en raison de ses qualités hygiéniques insuffisantes, des essais ont été réalisés avec des amandes. Deux distributions successives de 11 kg d'amandes ont été faites à 55 familles d'agriculteurs, planteurs de cotonniers sans gossypol. Les recettes trouvées spontanément par les ménagères, les délais d'utilisation du stock distribué et les réactions des utilisateurs ont été notés.

6. ESSAIS DE VENTE DE FARINE ET D'AMANDES.

La farine et les amandes distribuées gratuitement étant bien acceptées, il convenait de se demander si les consommateurs étaient disposés à dépenser de l'argent pour se les procurer. Pour répondre à cette question, quelques essais de vente ont été réalisés sur trois marchés de villages dont la population est très sensibilisée au programme « cotonnier sans gossypol » mis en place par l'I.R.C.T.

RÉSULTATS

1. INTRODUCTION DE LA FARINE DE COTON SANS GOSSYPOL DANS LA CUISINE TRADITIONNELLE.

Aspect technologique.

La farine a été incorporée dans les plats qui sont les plus fréquemment consommés au Tchad. Elle en perturbe la préparation qui devient difficile, voire impossible, lorsque les quantités ajoutées dépassent les proportions suivantes :

— boules de sorgho et de mil : 40 p. 100 du poids soit 1 volume de farine de coton pour 2 volumes de mil ou de sorgho;

— bouillie de mil : 80 p. 100 soit 3 volumes pour 1 volume de mil;

— beignets de mil et de blé : 60 p. 100 soit 1 volume pour 1 volume de mil ou de blé;

— pâtes alimentaires familiales : 40 p. 100 soit 1 volume pour 1 volume de blé;

— sauces* : aucune limitation.

Ces indications sont données sur le seul plan de la confection des plats et ne préjugent en rien de l'acceptabilité des préparations obtenues. Nous pouvons cependant souligner le brunissement de la farine de coton au cours de sa cuisson. Cette modification de couleur peut entraîner des répercussions sur l'appréciation de certains plats.

* Les sauces, dans l'alimentation africaine, sont des plats très importants car elles contiennent tout ce qui accompagne l'aliment de base, en particulier elles apportent les aliments plastiques : viande, poisson, arachide...

Acceptabilité des préparations culinaires contenant de la farine sans gossypol.

L'ensemble des résultats d'acceptabilité est présenté dans le tableau III.

TABLEAU III

Répartition des préférences de 4987 dégustateurs entre 10 plats traditionnels avec ou sans farine de graines de coton

Préparations	Préférence générale			P	
	Sans coton (S)	Identique	Avec coton (A)		
Boule de sorgho.....	125	38	118	0,86	S = A
Boule de mil.....	216	49	163	10 ⁻³	S > A
Bouillie de mil.....	78	23	103	0,07	S = A
Beignets de blé.....	142	17	111	0,06	S = A
Beignets de mil.....	1 228	294	743	10 ⁻⁹	S > A
Beignets de riz.....	98	13	119	0,06	S = A
Sauce à la viande séchée.....	55	11	149	10 ⁻⁹	A > S
Sauce au poisson.....	121	28	313	10 ⁻⁹	A > S
Sauce à l'arachide.....	154	40	232	10 ⁻⁹	A > S
Sauce au sésame.....	67	27	112	10 ⁻³	A > S

Pour les boules de sorgho et de mil (20 p. 100 de farine sans gossypol) la différence la plus importante se situe au niveau de la couleur fortement modifiée par la farine de graines de coton qui brunit à la cuisson. Cette coloration est très peu appréciée des populations et persiste même à des taux inférieurs à 20 p. 100. La boule de sorgho supporte mieux l'apport de farine sans gossypol. Cette préparation pourrait être envisagée chez certaines ethnies qui consomment le sorgho non bluté, notamment sous forme de boules naturellement colorées.

La bouillie de petit mil à 40 p. 100 de farine sans gossypol doit être suffisamment sucrée (20 p. 100) pour être bien acceptée sur le plan de la saveur. Cependant sa couleur foncée reste un obstacle.

Nous n'avons pas noté de différence significative entre le nombre de dégustateurs préférant les beignets de blé ou de riz et celui préférant ces mêmes beignets à 20 p. 100 de farine de coton. La modification de la couleur est atténuée après friture de la pâte, et si elle reste décelable, elle influence peu la préférence du dégustateur. Les beignets de mil additionné de coton (20 p. 100) ont été moins appréciés que les précédents.

Les meilleurs résultats ont été obtenus avec quatre sauces dans lesquelles la farine de coton a été utilisée comme source protéique de remplacement. Des sauces à la viande, au poisson, à l'arachide et au sésame ont été opposées à des sauces dans lesquelles la farine sans gossypol remplace les sources protéiques citées. Les notes moyennes obtenues par les sauces au coton sont très élevées, variant de 5,59 à 5,69. Les différences sont hautement significatives en faveur de ces sauces. Plus de 99 p. 100 des dégustateurs leur ont attribué des notes supérieures ou égales à 4. Il y a là un fait dont les conséquences peuvent être importantes; en effet, la valeur nutritive des régimes alimentaires de la zone soudano-sahélienne est souvent déterminée par la richesse des sauces qui accompagnent les céréales. La farine de graines de coton vendue à bas prix pourrait améliorer et maintenir à un niveau plus satisfaisant les apports protéiques de la ration.

Des résultats détaillés, concernant chacune des préparations testées, sont présentés dans le rapport de synthèse de cette étude [CORNU, DELPECH et FAVIER, 1975].

2. ESSAIS DE CONSOMMATION PROLONGÉE.

C'est surtout sous forme de sauces et de boules que les adolescents groupés en camp scolaire ont choisi de préparer et de consommer la farine de coton sans gossypol qui leur a été distribuée. Les fréquences de consommation sont restées très élevées pendant les cinq semaines de l'essai et les quantités consommées ont été telles que la farine a apporté en moyenne vingt grammes de protéines par jour à chaque adolescent. Cet essai confirme le succès des sauces à la farine de coton et montre que l'introduction de ce produit dans la cuisine traditionnelle des zones de savane peut se faire très facilement.

Chez les agriculteurs, les fréquences d'utilisation ont été très élevées pendant les six semaines de l'essai : selon les familles la farine de coton est apparue dans 94 à 100 p. 100 des repas. Les bouillies représentent 83 p. 100 des recettes réalisées contre 17 p. 100 pour les sauces; en revanche aucune boule n'a été préparée. Les quantités de farine consommées par jour et par personne varient entre 14 et 86 g selon les familles.

Les essais de consommation prolongée ont montré que la farine de coton est bien appréciée et peut s'utiliser indifféremment dans divers plats selon le goût des groupes de personnes concernés.

3. ESSAIS DE TOLÉRANCE PHYSIOLOGIQUE ET DE CROISSANCE.

Acceptabilité et tolérance.

Pendant six mois aucun refus ni aucune réticence de consommation n'ont été enregistrés chez les enfants. La palatabilité et l'acceptabilité de la bouillie préparée avec la farine de graines de coton étaient bonnes. Sur le plan physiologique aucun cas de troubles intestinaux, diarrhée, constipation, perte d'appétit, vomissement, ou flatulence ne nous a été signalé ni par les enfants ni par leurs parents.

Croissance des enfants.

L'étude de l'évolution des différents paramètres anthropométriques montre que le groupe expérimental qui a consommé la farine de graines de coton l'emporte, pour tous les critères observés, sur le groupe témoin n'ayant reçu

TABLEAU IV

Évolution du nombre d'enfants présentant un déficit de poids ou de taille après 6 mois de consommation de bouillies

Paramètres	Groupe témoin		Groupe expérimental	
	Nombre d'enfants	p. 100	Nombre d'enfants	p. 100
Poids en fonction de l'âge* :				
— déficit augmenté.....	17	61	5	23
— déficit identique.....	3	11	2	9
— déficit réduit.....	8	28	15	68
Taille en fonction de l'âge* :				
— déficit augmenté.....	4	14	1	5
— déficit identique.....	15	54	13	58
— déficit réduit.....	9	32	8	37
Poids en fonction de la taille* :				
— déficit augmenté.....	16	57	8	36
— déficit identique.....	5	18	3	14
— déficit réduit.....	7	25	11	50

* Les déficits ont été évalués en exprimant les paramètres mesurés en pourcentage des paramètres idéaux donnés pour les enfants de même âge [normes HARVARD (STUART et STEVENSON, 1959)].

qu'une bouillie traditionnelle. Cependant, seule la différence obtenue entre les gains de poids (1,29 kg contre 0,86 kg) est significative ($P < 10^{-3}$). Il est probable que la différence aurait été plus nette, au niveau des trois autres paramètres, si l'appétit des enfants avait permis l'ingestion d'une quantité de farine de graines de coton assurant la moitié de l'apport protéique de sécurité (P.A.G., 1972). Dans ce test de croissance elle n'assure que 31 p. 100 des besoins azotés de l'enfant. Initialement les enfants présentaient des déficits staturo-pondéraux. Le tableau 4 montre que ces déficits, surtout en ce qui concerne le poids en fonction de l'âge, ont évolué de manière plus favorable dans le groupe consommateur de farine sans gossypol : 68 p. 100 des enfants ont un déficit pondéral réduit dans le groupe expérimental contre 28 p. 100 dans le groupe témoin; parallèlement 23 p. 100 seulement ont un déficit augmenté contre 61 p. 100 dans le groupe témoin.

4. INTRODUCTION DE LA FARINE DE COTON DANS DES ALIMENTS MANUFACTURÉS.

Pâtes alimentaires.

Certaines ethnies tchadiennes, les Kanembou en particulier, préparent à la main des pâtes de blé dur : les « lotorio ». Des essais de technologie ont montré que la farine de graines de coton peut y être introduite sans difficulté jusqu'à concurrence de 40 p. 100. Des résultats similaires ont été obtenus par le Bureau de promotion industrielle du Tchad en utilisant un tourteau très gras. Ces essais sont encore partiels et devraient être poursuivis par le B.P.I.T., dès qu'une farine fine fleur sera disponible.

Biscuits.

Les possibilités d'utilisation de la farine de graines de coton en biscuiterie paraissent assez limitées. En effet, au-delà d'une teneur de 17 p. 100 de farine sans gossypol, le travail de la pâte n'est plus possible. Le biscuit qui en résulte est dur ce qui détermine la médiocrité des appréciations qui lui ont été attribuées au cours des tests d'acceptabilité : 149 dégustateurs contre 58 préférèrent le biscuit de qualité courante.

La présence de 9 p. 100 seulement de farine de coton modifie le comportement des dégustateurs qui se prononcent alors en majorité pour ce nouveau biscuit (108 contre 54). On notera que cette addition de farine de coton n'améliore que faiblement la teneur en protides des biscuits puisque celle-ci passe de 7,4 à 10,3 p. 100 de la matière fraîche.

5. ESSAIS RÉALISÉS AVEC DES AMANDES SANS GOSSYPOL.

La moitié des 605 kg d'amandes mis à la disposition des familles à chaque distribution était consommée après quatre jours d'utilisation, les stocks étant épuisés au bout de seize jours. Les ménagères ont donc trouvé d'emblée les

recettes appropriées à l'amande (44 p. 100 de sauces, 29 p. 100 de bouillies, 26 p. 100 de boules, 1 p. 100 de beignets) et aucun phénomène de lassitude n'a été observé au cours de la deuxième période.

Rapportée au nombre de personnes disposant d'amandes, l'utilisation quotidienne *per capita* varie entre 70 et 220 g. Un calcul plus précis tenant compte des pertes dues au pilonnage, des cadeaux et de la fabrication d'huile, indique que pour la majorité des familles la consommation alimentaire *per capita* et par jour varie entre 50 et 150 g d'amandes. Les apports azotés et lipidiques correspondant sont importants, soit 17 à 50 g et 18 à 53 g.

6. ESSAIS DE VENTE DE FARINE ET D'AMANDES.

Les quantités limitées de farine dont nous disposions (45 kg) ne nous ont pas permis d'effectuer d'essais de vente significatifs avec ce produit. Par contre le stock d'amandes était très important. Quatre tonnes et demi ont été vendues en trois mois. Le prix de vente de la farine et des amandes a été aligné sur celui du mil soit 25 F CFA/kg (0,50 FF). Les quantités d'amandes vendues sur chacun des trois marchés sont restées régulières : à Komé, petit village, le volume des transactions hebdomadaires a été de 25 kg; à M'Bikou, chef-lieu de canton, 135 kg; à Bebedjia, sous-préfecture, 380 kg. Les achats individuels ont varié entre 1 et 20 kg. Cependant nous avons noté après deux mois et demi de sondage une baisse des ventes qui semble coïncider avec l'apparition de légumes et d'arachides sur les marchés. Il est possible également que cette désaffection soit due à une dégradation des qualités organoleptiques de l'amande, plusieurs acheteurs nous ayant signalé l'apparition d'une amertume.

CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

La composition chimique de la farine mise à notre disposition répond aux normes recommandées par le P.A.G. Cependant, il faudra maîtriser davantage la conduite de la fabrication afin d'augmenter la teneur en lysine disponible. Il conviendra surtout d'améliorer la qualité bactériologique par l'adoption d'un emballage hermétique, au besoin par une stérilisation en fin d'opération. La recherche de résidus de pesticides et de solvants devra être effectuée régulièrement.

La farine de graines de coton sans gossypol peut être introduite facilement dans la cuisine de la zone soudano-sahélienne. Elle peut être mélangée avec les céréales à des taux compris entre 20 et 40 p. 100 pour la préparation de boules, beignets et bouillies. Elle peut être utilisée comme constituant principal des sauces qui accompagnent les céréales. Les tests d'acceptabilité et les essais de consommation prolongée ont montré que les sauces au coton sont les préparations les plus appréciées et les plus fréquentes. Les bouillies de mil enrichies de farine de coton sans gossypol peuvent constituer des aliments capables d'améliorer la croissance et le développement des enfants.

Si la consommation du tourteau sans gossypol, trop gras et trop riche en coques, ne peut être envisagée, celle de l'amande par contre ne pose aucun problème. D'accommodation aisée elle peut être utilisée dans les mêmes types de préparations que la farine délipidée, avec l'avantage de ne pas brunir à la cuisson.

Les essais de vente ont permis de montrer qu'amande et farine sans gossypol sont bien accueillies, avec une préférence pour l'amande quand ces deux produits sont mis en concurrence. Malgré tout, lorsque les amandes ont manqué, les quelques kilogrammes de farine disponibles ont été rapidement vendus.

La farine de coton sans gossypol sera produite au Tchad dans un proche avenir. Il convient de déterminer dès à présent le marché potentiel et d'envisager des circuits de distribution. Cependant des amandes sont déjà disponibles et il est permis d'envisager leur commercialisation. L'installation des petites unités de décorticage au niveau des villages de moyenne importance est actuellement étudiée.

Si les amandes parviennent à entrer dans l'alimentation des paysans, l'objectif visé par l'I.R.C.T. avec l'opération « cotonnier sans gossypol » sera atteint. De plus l'amande aura un rôle de promotion à tenir pour favoriser l'évolution des habitudes alimentaires et l'introduction de la farine.

Jusqu'à ce jour la culture au cotonnier du Tchad n'a eu pour autre objectif que la production de fibres textiles. L'élimination génétique du gossypol permet d'envisager une valorisation supplémentaire de cette culture, tout en contribuant à la lutte contre la malnutrition. Cette possibilité est intéressante à double titre :

— c'est une solution locale;

— c'est une solution simple qui n'exige aucun investissement coûteux pour la transformation des produits, le coton pouvant être consommé sous forme d'amandes entières ou de farine délipidée dont les prix de revient doivent rester très faibles.

En admettant le remplacement de tous les plants traditionnels du Tchad par des cultivars sans gossypol, les disponibilités alimentaires augmenteraient de 9 000 tonnes de protéines. Nous souhaitons que ce travail puisse contribuer à une utilisation rationnelle de ces protéines.

FICHE SIGNALÉTIQUE

Utilisation en alimentation humaine de la graine de coton sans gossypol et de ses dérivés.

Le mélange d'une farine de graines de coton sans gossypol avec des farines de mil ou de sorgho est possible et permet de préparer les principaux plats de la cuisine tchadienne et nord-camerounaise. La farine est appréciée, en

particulier sous forme de sauces. La croissance de jeunes enfants est améliorée par la consommation pendant six mois d'une bouillie de mil et de farine de coton. La fabrication de biscuits et de pâtes alimentaires a été tentée. Les amandes de graines de coton ont été consommées avec succès. 4,5 tonnes d'amandes ont été vendues dans la zone de culture du cotonnier « glandless » à un prix égal à celui du sorgho.

Mots-clés.

Cotonnier sans gossypol, amande et farine de graines de coton, supplémentation protéique, technologie alimentaire, acceptabilité organoleptique, essais de tolérance, test de croissance, sondage de vente, Tchad, Cameroun.

SUMMARY

Trials have principally turned on a glandless cottonseed flour, with 56 p. 100 of proteins. It is possible to blend it with millet or sorghum flour, and so to prepare the main meals of the local cooking. Trials of acceptability and long-dated consumption have shown that this flour is rather well appreciated especially in sauces. The growth of young children has been better thanks to the consumption of a cottonseed flour pap during six months. Trials to manufacture biscuits and noodles have been attempted. Kernels of cottonseed with 32 p. 100 of proteins and 33 p. 100 of lipids have been consumed with success. Four tons of kernels have been sold at the same price as sorghum in the area where the glandless cotton plant is under cultivation.

BIBLIOGRAPHIE

— AMBROSE A. M., ROBBINS D. J., Studies on the chronic oral toxicity of cottonseed meal and cottonseed pigment glands, *J. Nutr.*, 1951, **43**, 357-370. — BRESSANI R., The use of cottonseed protein in human foods, *Foods Techn.*, 1965, **19**, 1655-1662. — BRESSANI R., SCRIMSHAW N. S., The problem of toxicity of cottonseed flour. A. Gossypol. Nutrition document R. 4/Add. 8 A, PAG (WHO/FAO/UNICEF), Genève, 1963. — BRESSANI R., Changes in the protein of cottonseed meal during processing, *Arch. Latinoamer. Nutrition*, 1968, **18**, 319-339. — BUI XUAN NHUAN, L'utilisation de la farine de coton en alimentation humaine, *Oléagineux*, 1971, **11**, 713-715. — CLAWSON A. J., SMITH F. H., OSBORNE J. C., BARRICK E. R., Effect of protein source, autoclaving, lysine supplementation on gossypol toxicity, *J. Ani. Sci.*, 1961, **20**, 547-552. — CORNU A., DELPECH F., FAVIER J. C., Utilisation en alimentation humaine de la graine de coton sans gossypol et de ses dérivés, Rapport multigraphié 93 p., ORSTOM 1975. — DANKE R. J., TILLMAN A. D., Effect of free gossypol and supplemental dietary iron on blood constituents of rats, *J. Nutr.*, 1965, **87**, 493-498. — FOURNIER J., ROUX J. B., État actuel de la sélection de variétés de cotonniers à graines sans gossypol au Tchad, *Coton et fibres tropicales*, 1972, **27**, 2, 251-257. — HALE F., LYMAN C. M., Effect of protein level in the ration on gossypol tolerance in growing-fattening pigs, *J. Ani. Sci.*, 1957, **16**, 364-369.

— HELLEGOUARCH R., MONJOUR L., GIORGI R., TOURY J., Étude d'aliments de supplément riches en protéines, *Ann. Nutr. Alim.*, 1967, **21**, 5, 217-232. — JARQUIN R., BRESSANI R., ELLIAS L. G., BRAHAM J. E., Effect of cooking and calcium and iron supplementation on gossypol toxicity in swine, *J. Agr. Food Chem.*, 1966, **14**, 3, 275-279. — KORNEGAI E. T., CLAWSON A. J., SMITH F. H., BARRICK E. R., Influence of protein source on toxicity of gossypol in swine rations, *J. Ani. Sci.*, 1961, **20**, 597-602. — KRISHNAMOORTHY V., Cottonseed protein from

degossypolised and glandless seed, *Food Techn.*, 1965, 1085-1090. — LANCEREAUX, Rapport de synthèse, I.R.C.T. Maroua, 1974. — LAURE J., Rapport sur l'acceptabilité du coton sans gossypol, I.R.C.T., secrétariat d'état aux Affaires étrangères, Paris, 1973. — MARTIN M., Monographie d'un champ de productivité Mekapti, 1972-1973, I.R.C.T. Bebedjia, 1973. — MARTIN M., Rapport sur l'opération glandless 1973-1974, I.R.C.T. Bebedjia, 1974. — MATALON B., L'étude de préférences d'une population de consommateurs, *Annales de la Nutrition et de l'Alimentation*, 1965, **19**, 3, A 169 - A 192. — MICHAEL, Hopi Cotton, a source of cottonseed free from gossypol pigments, *Agron. J.*, 1959, **51**, 630.

— REISER R., Fu H. C., The mechanism of gossypol detoxification by ruminants animals, *J. Nutr.*, 1962, **76**, 215-218. — ROUX J. B., Le cotonnier glandless, source potentielle importante de protéines pour les pays en voie de développement. Semaine d'études des problèmes inter-tropicaux, 11-15 septembre 1972, Faculté des Sciences agronomiques de l'État, Gembloux (Belgique). — SMITH F. H., CLAWSON A. J., Effect of diet on accumulation of gossypol in the organs of swine, *J. Nutr.*, 1965, **87**, 317-321. — SMITH F. H., CLAWSON A. J., The effects of dietary gossypol on animals, *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 1970, **47**, 443-447. — SHARMA M. P., SMITH F. H., CLAWSON A. J., Effects of levels of protein and gossypol and length of feeding period on the accumulation of gossypol in tissues of swine, *J. Nutr.*, 1966, **88**, 434-438. — STUART H. C., STEWENSON S. S., Physical growth and development, Textbook of Pediatrics 7 th ed. 1959, Nelson W. ed., Philadelphia, Saunders. — TACHER, Valeur alimentaire pour les poussins et les poulets de chair du tourteau de coton sans gossypol, I.E.M.V.T., Fort-Lamy, 1971. — VESSEREAU A., Les méthodes statistiques appliquées au test des caractères organoleptiques, *Annales de la Nutrition et de l'Alimentation*, 1965, **19**, 2, A 103 - A 140. — VIX, High protein flour products from glandless and glanded cottonseed, *Oil Mill Gazeetter*, 1968, **72**, 12, 53-56. — FAO, Amino-acid content of food and biological data on proteins, Rome, 1970.

— FAO, Technology of the production of cottonseed flour for use in human foods, *Agricultural service bulletin* n° 7, Rome, 1971. — O.M.S., Manuel sur les besoins nutritionnels de l'homme, série de monographies n° 61, Genève, 1974. — Protein Advisory Group (PAG), Guideline for preparation of edible cottonseed protein concentrate, PAG guideline n° 4, 1972. — Protein Advisory Group (PAG), Guideline on protein — rich mixing for use as supplementary food. PAG guideline n° 8, 1972.

(N)

UTILISATION

EN ALIMENTATION HUMAINE

DE LA GRAINE DE COTON

SANS GOSSYPOL ET DE SES DÉRIVÉS

par

A. CORNU, F. DELPEUCH, J.-C. FAVIER

Nutritionnistes ORSTOM**

Laboratoire de Nutrition de P.O.N.A.R.E.S.T.

B. P. 193 Yaoundé (République Unie du Cameroun)

25
O. N.
N°
Cote

2469, ex 1
B

Extrait des ANNALES DE LA NUTRITION ET DE L'ALIMENTATION

1977, Vol. 31, N° 3

O. P. S. I. O. N.

Collection des Références

n°

3380