

# CONSERVATION DE LA VALEUR NUTRITIONNELLE DE LA GRAINE DE COTON UTILISEE EN ALIMENTATION HUMAINE

par André Cornu

## INTRODUCTION

A l'analyse chimique, les graines du cotonnier se révèlent un produit très voisin de la graine d'arachide, susceptible de rééquilibrer certains régimes alimentaires déficitaires.

coton	protéines	: 32	arachide	protéines	: 23,2
(amandes sèches)	lipides	: 34	(décortiquée sèche)	lipides	: 44,8
	glucides	: 23		glucides	: 23

(voir tableau 2b) (tiré de FAO, 1970)

Toutefois, on remarque que la consommation des graines du cotonnier apparaît exceptionnelle, marginale. En fait l'utilisation de ces graines en alimentation humaine (et animale) est limitée par la présence de pigments toxiques dans l'amande. Présent à un taux de 0,4 à 1,2 p. cent de l'amande, le gossypol est le pigment le plus abondant. Localisé dans de nombreuses glandes colorées en noir, le gossypol existe sous une forme libre toxique. Lorsque les glandes sont brisées, une fraction de cette forme libre se combine avec les autres constituants cellulaires, dont les groupes epsilon aminés de la lysine, pour donner la forme liée du gossypol dépourvue de toxicité. C'est cette propriété qu'a le gossypol de donner des produits d'addition qui est utilisée dans les méthodes les plus anciennes de détoxification. Il existe en effet des procédés qui permettent de ramener à des valeurs basses les teneurs en gossypol libre des tourteaux de coton, ces opérations se faisant simultanément à l'extraction des lipides (FAO, 1971).

ANDRE CORNU, nutritionniste de l'ORSTOM - Unité de nutrition du Centre d'études des plantes médicinales, IMPM - ONAREST, Yaoundé.

12 FEV. 1986

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

N° : 14538

Cpte : B

118

1. La méthode qui a donné la première les meilleurs résultats consiste à extraire par solvant les lipides contenus dans les amandes ayant subi auparavant une extraction partielle par pression. Celle-ci est effectuée dans des conditions moins rigoureuses que celles pratiquées habituellement pour obtenir des tourteaux expellers - température de cuisson légèrement inférieure et temps de cuisson réduit de moitié - ce qui permet de lier le gossypol sans altérer la qualité des protéines. Le produit qui est ensuite dirigé vers l'extracteur contient 10 à 12 p. cent de lipides (contre les 4 p. cent habituels). L'hexane est le solvant le plus couramment utilisé ; il est maintenu à 63° C et l'extraction dure 30 minutes. L'addition de coque (18 p. cent) au cours de la première opération permet d'améliorer les caractéristiques du tourteau final : la teneur en gossypol libre diminue (0,06 p. cent) et la teneur en lysine disponible augmente (1,84 p. cent). On notera toutefois que la teneur en gossypol libre est à la limite de la norme admise par le groupe conseil des protéines pour les Nations Unies (PAG).

L'extraction directe des lipides par l'hexane a le désavantage de donner un tourteau riche en gossypol libre (0,12 à 0,22 p. cent), ce qui exclut toute possibilité d'utilisation pour l'alimentation de l'homme et des animaux.

Par contre, des techniques d'extraction mettant en oeuvre des mélanges de solvants du type acétone-hexane-eau, permettent d'extraire le gossypol en même temps que les lipides (FAO, 1971). Le tourteau obtenu est caractérisé par des teneurs très faibles en gossypol libre, mais élevées en lysine disponible. Toutefois, l'utilisation de l'acétone provoque l'apparition d'une odeur persistante liée au tourteau qui ne peut être évitée que dans des conditions strictes d'extraction (pureté du solvant - qualité du matériel).

Des procédés plus récents font intervenir la séparation par centrifugation des différentes fractions de l'amande réduite en farine. Le *liquid cyclone process* permet ainsi de séparer les glandes à gossypol et les lipides du reste de l'amande qui donne un résidu très riche en protéines (65 à 70 p. cent) de bonne qualité, la teneur en gossypol libre étant fixée à 0,04 p. cent (Gastrock, 1968). Des techniques semblables conduites à sec sur des tourteaux délipidés ont été essayées (*concentrates by air classification*) mais n'ont jamais été utilisées commercialement.

Enfin, nous ne ferons que citer la possibilité d'obtenir par voie chimique des isolats protéiques (Lawhon, 1970). Les techniques sont intéressantes mais constituent des solutions assez mal adaptées au problème de la malnutrition dans les pays économiquement faibles. Les principales méthodes de détoxification que nous venons de citer donnent des tourteaux dont la teneur en gossypol libre est inférieure

à la norme recommandée (0,06 p. cent). Toutefois l'impossibilité technique d'éliminer totalement ce principe toxique, a considérablement limité l'utilisation en alimentation humaine des produits dérivés de la graine de coton. Nous devons cependant mentionner le succès obtenu par l'INCAP (Ballarin - 1970, Shaw - 1970) avec la mise au point d'un aliment composé à base de farine de maïs, de farine de sorgho et de farine de graines de coton dégossypolée (38 p. cent). Suivant cet exemple, un mélange du même type, contenant 56 p. cent de farine de coton, a été commercialisé au Pérou.

2. Des perspectives nouvelles d'utilisation de la graine de coton sont apparues depuis que des variétés de cotonniers dites "glandless", pratiquement dépourvues de glandes à gossypol, ont été sélectionnées.

L'élimination des glandes par voie génétique modifie en les simplifiant les problèmes de transformation de la graine.

Tout d'abord, on peut envisager la consommation immédiate de l'amande après décorticage de la graine. Cette unique intervention mécanique n'a aucune influence sur la valeur nutritionnelle de l'amande. De plus, il nous paraît important que le décorticage soit réalisé immédiatement, avant la consommation de l'amande. Ainsi la coque exerce jusqu'à l'étape ultime son rôle de protection et de conservation de la denrée consommable. Cette solution que nous proposons nous paraît intéressante à double titre. Tout d'abord elle est simple ; ensuite elle met en oeuvre des denrées produites localement. On remarquera en effet que la zone de culture du coton coïncide avec la position de la plupart des pays qui souffrent de malnutrition. La concrétisation de cette possibilité d'utilisation suppose le remplacement des plants traditionnels par les variétés "glandless".

La production d'huile de coton étant un des objectifs de la culture du coton, l'amande entière n'est pas toujours disponible et il est nécessaire d'envisager la consommation du tourteau ou de la farine qui en est issue après raffinage. On remarquera tout d'abord que l'étape de pré-pression n'est pas nécessaire dans les huileries fonctionnant par solvant. Le risque de dénaturation des protéines est donc éliminé à ce niveau. Si l'extraction est réalisée uniquement par pression, il est important que la teneur en lipides des tourteaux soit aussi faible que possible. Compte tenu des conditions climatiques tropicales ou subtropicales, la conservation de produits gras est extrêmement difficile. L'acidité libre des lipides d'un tourteau (obtenu sur une presse ancienne) évolue très rapidement après plusieurs mois de stockage et peut atteindre des valeurs anormalement élevées (tableau 1). Par contre l'intérêt de délipider parfaitement ces produits semble bien démontré par la bonne conservation de la farine mise en opposition à ce tourteau.

TABLEAU 1

Indice d'acidité des matières grasses  
(mg de potasse nécessaire pour neutraliser les  
acides gras libres de 1 g de matières grasses)

	A la livraison	Après 6 mois de stockage	
		Température ambiante	Congélateur
Farine glandless 4,0 % lipides	7,4	8,9	10,5
Tourteau glandless 21,6 % lipides	73,3	164,1	93,3

TABLEAU 2a

Composition chimique de la farine "glandless"

	P. cent g de matière sèche	P. cent g de matière fraîche	Recommandations
			PAC 1972 p. 100 g de matière fraîche
Eau (g)	-	5,1	10,0 maximum
Protides (N x 6,25) g	59,1	56,1	50,0 minimum
Lipides (g)	4,0	3,8	6,0 maximum
Glucides totaux (g)	28,5	27,0	-
Insoluble formique (g)	7,14	6,78	-
Cendres (g)	8,4	8,0	-
Calcium (mg)	171	162	-
Phosphore (mg)	1.629	1.546	-
Ca/P	0,10	0,10	-
Sodium (mg)	32	30	-
Potassium (mg)	1.894	1.797	-
Fer (mg)	20	19	-
Insoluble chlorhydrique (mg)	39	37	100 maximum
Thiamine (mg)	2,50	2,38	-
Riboflavine (mg)	0,35	0,33	-
Pyridoxine (mg)	0,95	0,90	-
Niacine (mg)	4,48	4,25	-
Acide pantothénique (mg)	1,24	1,18	-
Folate (mg)	0,36	0,34	-
Biotine (mg)	0,05	0,05	-

prés  
Jusq  
pas  
le r  
de v  
de c  
les  
et h  
que  
1977  
sans

tabl  
en p  
térin  
tant  
recc  
insu  
indi  
soit

fait  
serv

solu  
de c  
pas  
du c  
grai

seld  
Des  
sont  
thog  
log  
fis  
cui  
men  
ne  
pro  
tio

En résumé, nous pouvons donc souligner les facilités que présentent, du seul point de vue technologique, les variétés "glandless". Jusqu'à présent la plupart des pays producteurs de coton ne disposaient pas de l'arsenal technologique nécessaire à la détoxification du coton, le matériel étant inexistant ou inadapté. Ce qui explique le peu de valeur accordée aux graines. Désormais il convient de tenir compte de ce potentiel alimentaire et de le valoriser. Pour cela des contrôles sont nécessaires qui fassent la preuve des qualités nutritionnelles et hygiéniques des produits dérivés de la graine. Les données chiffrées que nous présentons sont tirées d'un travail réalisé en 1975 (Cornu, 1977), avec des amandes entières et avec une farine de graines de coton sans gossypol.

3. La composition chimique de cette farine figure dans le tableau 2 a. L'intérêt d'un produit de ce type réside dans sa richesse en protides. Cependant l'indice chimique calculé par rapport aux protéines de l'oeuf ne dépasse pas 47, l'isoleucine étant le facteur limitant primaire. La teneur en lysine disponible est inférieure à celle recommandée par le PAG : 3,3 g pour 16 g d'azote contre 3,6 g. Cette insuffisance rappelle qu'une parfaite maîtrise de la fabrication est indispensable si l'on veut que la valeur biologique du produit ne soit pas altérée.

La farine est peu humide et sa teneur en lipides résiduels assez faible. Ces deux caractéristiques sont nécessaires à une bonne conservation.

Bien que la mouture de la farine soit très fine, la teneur en insoluble formique n'est pas négligeable. Ceci correspond à des débris de coques et de linter que le tamisage n'a pu éliminer. Cela n'est pas sans conséquence sur les qualités sensorielles des plats contenant du coton qui acquièrent une certaine amertume. Le décorticage des graines devra donc être considéré comme une étape délicate.

L'analyse bactériologique révèle un nombre de germes qui varie selon les lots entre cent mille et un million par gramme de farine. Des germes indologènes et coliformes ainsi que des *Eschérichia Coli* sont présents en faibles quantités. Cependant aucun staphylocoque pathogène et aucune salmonelle n'ont été trouvés. La qualité bactériologique de la farine est dans l'ensemble jugée médiocre, voire insuffisante pour certains lots. Toutefois n'étant consommée qu'après cuisson (ébullition ou friture), la farine demeure utilisable en alimentation humaine. Ceci nous conduit à préconiser des mesures d'hygiène strictes au cours de la fabrication et de la manipulation des produits. Un emballage hermétique est indispensable sous les conditions climatiques tropicales ; des sacs en polyéthylène conviendraient



TABLEAU 2b

Composition chimique des amandes sans gossypol

		P. 100 g de matière sèche	P. 100 g de matière frai- che
Eau	g	-	4,9
Protides	g	33,6	31,9
Lipides	g	35,5	33,7
Glucides	g	20,1	19,2
Insoluble formique	g	4,4	4,2
Cendres	g	6,4	6,1

TABLEAU 3

Mycoflore de la farine "glandless"  
(nombre de germes par g de farine)

	LOT I	LOT 2	LOT 3
<i>Absidia corymbifera</i>	230	30	30
<i>Aspergillus candidus</i>	-	-	traces
<i>Aspergillus flavus</i>	30	30	230
<i>Aspergillus fumigatus</i>	-	traces	30
<i>Aspergillus niger</i>	60	30	400

parfaitement, avec une doublure extérieure en polypropylène tressé. Nous avons pu vérifier par ailleurs la rapidité de la pollution bactérienne sur un tourteau grossier : 10 000 indologènes, 1 000 coliformes, 200 *Eschérichia Coli* par gramme d'échantillon.

L'analyse mycologique est présentée dans le tableau 3. La plupart des lots de farine contiennent des moisissures dont certaines sont capables de modifier la valeur nutritionnelle de la farine. C'est le cas d'*Absidia Corymbifera* qui fait disparaître la méthionine (Morquer, 1971). La présence d'*Aspergillus Flavus* peut entraîner une synthèse d'aflatoxine. A cette réserve près la farine semble utilisable en alimentation humaine. La pollution des graines de coton par les moisissures est très liée aux conditions de stockage (Griffin, 1978). Des locaux abrités, bien aérés sont indispensables à la non contamination des amandes.

Les recherches d'aflatoxines se sont révélées négatives. En ce qui concerne les teneurs en gossypol, elles ne dépassent pas 0,02 p. cent pour le gossypol libre et 0,1 p. cent pour le gossypol total. Ces teneurs, à la limite de la précision du dosage, apparaissent comme négligeables. Rappelons que les recommandations du PAG sont de 0,06 p. cent pour le gossypol libre et 1,2 p. cent pour le gossypol total. La farine étant par ailleurs exempte de toute trace de solvant et de pesticides, elle peut être utilisée sans danger.

Nous avons testé les possibilités d'utilisation de cette farine en l'incorporant aux plats de base des populations de la zone soudano-sahélienne du Cameroun et du Tchad. Des tests d'acceptabilité organoleptique ont été réalisés et nous avons retenu que la farine de coton constitue une denrée très appréciée dans la confection des sauces, et à un moindre degré dans celle de bouillies et des beignets.

Il est évident que les recherches qui visent l'amélioration des régimes alimentaires s'adressent avant tout aux groupes sociaux les plus vulnérables, en particulier aux enfants. C'est pourquoi nous avons mis en place un essai afin de faire la preuve que la farine de coton est bien tolérée par l'organisme et qu'elle constitue une supplémentation protéique efficace.

Il a été réalisé avec cinquante huit enfants âgés de cinq à six ans regroupés dans un jardin d'enfants. De milieu social homogène, ces enfants sont séparés en deux groupes comparables au début de l'expérimentation. Bien qu'accusant un déficit pondéral léger, ces enfants sont tous en bonne santé. Dans les deux groupes, les critères anthropométriques, poids en fonction de l'âge, poids en fonction de la taille, taille en fonction de l'âge, représentent respectivement 83, 89 et 97 p. cent des standards de Harvard (Stuart, 1959), ce

qui constitue une forme de malnutrition protéino-énergétique très modérée. Une déparasitage intestinal systématique est réalisé par la distribution de deux comprimés de Mintézol dosés à 500 mg, pris à vingt quatre heures d'intervalle, au début de l'expérimentation. Celle-ci s'est poursuivie pendant vingt six semaines avec trois interruptions, l'une correspondant à une épidémie de varicelle qui a entraîné la fermeture du jardin d'enfants, les deux autres ayant été consécutives aux vacances scolaires trimestrielles. A la fin de l'essai, les effectifs étaient tombés à vingt huit et vingt deux enfants dans chacun des groupes, par suite du changement de résidence des parents.

Au cours de ces six mois, l'évolution du poids, de la taille, de la circonférence de bras à mi-hauteur et de l'épaisseur du pli cutané tricipital a été suivie. Pendant toute la durée de l'expérience, les enfants ont reçu chaque matin une bouillie en supplément des repas pris normalement à la maison, soit cinq jours par semaine. Le groupe dit "témoin" a reçu une bouillie de mil sucrée, alors que le groupe expérimental a reçu une bouillie de mil sucrée contenant environ 71 p. cent de farine de graines de coton sans gossypol.

Le PAG (1972) recommande que la protéine testée assure la moitié de l'apport quotidien de sécurité. Compte tenu du faible indice chimique de la farine de graines de coton, et du fait que la bouillie vient en supplément des repas familiaux, nous n'avons pas pu respecter cette directive. Il aurait fallu pour cela :

- soit préparer une bouillie presque exclusivement constituée de farine de coton dont les qualités organoleptiques auraient été médiocres
- soit exiger des enfants l'ingestion d'une grosse quantité de bouillie, dépassant de loin ce que leur appétit leur permet.

En fait, la bouillie que nous avons préparée apporte 14,5 g de protéines de coton, soit 30 p. cent de l'apport de sécurité. Les deux bouillies sont isocaloriques et ont une teneur en matière sèche identique (18 p. cent). Les enfants de deux groupes reçoivent chaque jour une même quantité de matière sèche (environ 37 g) et de calories (environ 130 calories) (tableaux 4a et 4b). En revanche, les enfants du groupe expérimental reçoivent 15 g de protéines, alors que ceux du groupe témoin ne reçoivent que 2,5 g de protéines de mil.

Les différences de croissance observées après six mois d'expérimentation sont supérieures pour tous les paramètres anthropométriques dans le groupe d'enfants ayant consommé la farine sans gossypol. Cependant, seule la différence de croissance pondérale est statistiquement significative : 1 290 grammes contre 360 grammes (Tableau 5).

M  
F  
C  
S  
T

M  
F  
C  
S  
T



TABLEAU 4a

Composition et apports de la bouillie de mil

	Composition p. 100 g de mat. sèche			Quantités consommées /jour/enfant		
	Ingré- dients g	Protéi- nes g	Calories	Ingré- dients g	Protéi- nes g	Calories
Mil	85	6,8	293	31,5	2,5	108,7
Farine de coton	-	-	-	-	-	-
Sucre	15	-	57	5,6	-	21,3
TOTAL	100	6,8	350	37,1	2,5	130

TABLEAU 4b

Composition et apports de la bouillie de coton

	Composition p. 100 g de mat. sèche			Quantités consommées /jour/enfant		
	Ingré- dients g	Protéi- nes g	Calories	Ingré- dients g	Protéi- nes g	Calories
Mil	16,3	1,3	56,2	6	0,5	20,7
Farine de coton	70,6	39,5	247	26	14,5	91
Sucre	13,1	-	49,8	4,8	-	18,3
TOTAL	100	40,8	353	36,8	15	130

TABLEAU 5

EVOLUTION DE DIFFERENTS PARAMETRES ANTHROPOMETRIQUES CHEZ  
LES ENFANTS DU GROUPE TEMOIN ET DU GROUPE EXPERIMENTAL APRES  
SIX MOIS DE CONSOMMATION DE BOUILLIE (MOYENNE  $\pm$  ECART TYPE)

( $n_1 = 28$  ;  $n_2 = 22$ )

Caractéristiques anthropométriques	Groupe témoin		Groupe expérimental		P <sup>x</sup>
	au départ	à 6 mois	au départ	à 6 mois	
Poids en kg	16,48	17,34	16,80	18,09	< 10 <sup>-3</sup>
Gain (kg)	$\pm 1,63$	$\pm 1,72$	$\pm 1,70$	$\pm 1,69$	
Taille en cm	109,1	112,3	109,9	113,4	> 0.5
Gain (cm)	$\pm 4,9$	$\pm 4,6$	$\pm 5,0$	$\pm 4,7$	
Circonférence du bras à mi-hauteur	152,6	156,3	152,0	156,1	> 0.5
Gain (mm)	$\pm 8,0$	$\pm 9,4$	$\pm 8,6$	$\pm 8,6$	
Circonférence des muscles du bras à mi-hauteur	127,5	134,5	128,9	136,3	> 0.5
Gain (mm)	$\pm 7,9$	$\pm 8,5$	$\pm 8,2$	$\pm 8,9$	

<sup>x</sup> probabilité que la différence observée entre les gains du groupe témoin et ceux du groupe expérimental soit due au hasard.

On considère que la différence est significative lorsque  $P < 0,05$ .

Compte tenu de la durée de l'essai et des quantités de farines ingérées, nous pouvons dire que ces résultats sont satisfaisants. Ils auraient été encore plus probants si nous avions pu contrôler l'alimentation et donner une part plus importante à la farine de coton. Toutefois il est clair que cette dernière, même consommée en faible quantité, est capable d'assurer une croissance normale et permet de réduire les déficits de poids et de stature. Le tableau 6 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 de coton : 68 p. cent des enfants ont un déficit pondéral réduit dans le groupe expérimental contre 28 p. cent dans le groupe témoin. Parallèlement, 23 p. cent seulement ont un déficit augmenté contre 61 p. cent dans le groupe témoin.

La comparaison des valeurs individuelles, exprimées en pourcentage des standards de Harvard, permet de montrer, dans le groupe témoin, une évolution défavorable du critère poids en fonction de la taille. On enregistre par contre une amélioration significative du poids en fonction de l'âge et de la taille en fonction de l'âge dans le groupe expérimental.

Aucun problème d'acceptabilité ou de tolérance ne s'est manifesté chez les enfants vis-à-vis de la farine de coton. La palatabilité de la bouillie au coton était bonne puisque aucun refus de consommation n'a été observé.

Sur le plan physiologique, aucun cas de troubles intestinaux, diarrhée, constipation, perte d'appétit, vomissement ou flatulence ne nous a été signalé.

Cet essai a été complété par l'étude sur rats de la valeur nutritive de la farine de coton (Tableaux 7a et 7b).

L'échantillon a été expérimenté comme seule source de protéines chez des rats en croissance, dans des régimes établis de manière à satisfaire autant que possible les besoins des animaux. La farine de coton était supplémentée en isoleucine, méthionine et lysine. La digestibilité de la matière organique du régime, qui renfermait 260 g de farine de coton par kg de matière sèche a été voisine de celle du régime témoin à base d'amidon et de farine de hareng. Le coefficient d'utilisation digestive apparent des matières azotées de la farine de coton n'a été que très légèrement inférieur à celui du régime témoin et malgré tout élevé, de même que le coefficient de rétention azotée. Dans une deuxième expérience réalisée sur deux semaines, la croissance des animaux a été légèrement supérieure à celle du témoin, mais non significativement différente. Elle a été obtenue grâce à une consommation d'aliment élevée.

TABLEAU 6

Evolution du nombre d'enfants présentant un déficit de poids ou de taille après six mois de consommation de bouillie de mil et de bouillie de coton

Paramètres	Groupe témoin		Groupe expérimental	
	nombre d'enfants	%	nombre d'enfants	%
• 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 de Harvard).

TABLEAU 7a

Expérience de digestibilité sur le rat

	Régime témoin (farine de poisson) valeurs moyennes	Régime expérimental (farine de coton) valeurs moyennes
CUD a matière sèche	92	91,7
CUD a matière organique	95	94,0
CUD a matière azotée du régime	87	85,4
CUD a matière azotée de l'aliment	-	85,1
CUP	58,00	56,0

TABLEAU 7b

Expérience de croissance sur le rat

	Régime témoin (farine de poisson)	Régime expérimental (farine de coton)
Gain de poids g/j	5,89 $\pm$ 0,26	6,41 $\pm$ 0,73
MS ingérée g/j	16,12 $\pm$ 1,48	18,00 $\pm$ 1,32
MA ingérée g/j	2,19	2,60
CEP	2,69	2,47
Indice de consommation	2,74	2,80

des paramètres idéaux pour les rats



- . L'ensemble de ces résultats semble montrer que la farine de coton étudiée est très bien utilisée par l'animal, à condition d'être correctement supplémentée en acides aminés.
- . Ces résultats sont très satisfaisants. Aussi la dernière étape de notre démarche a-t-elle été de procéder à des essais de vente de la farine et de l'amande sur les marchés locaux.

Trois localités ont été retenues pour ces essais. Amandes et farine ont été vendues au même prix afin de les mettre en compétition et le prix de vente d'un kilogramme de chacun de ces produits a été aligné sur celui du mil, soit 25 F CFA le kg ce qui correspondait aux indications données par Laure (1974) concernant le coût de revient de ces produits.

Compte tenu des faibles quantités de farine dont nous disposions (45 kg), reliquat des autres expérimentations, nous ne pourrions conclure significativement. Par contre le stock d'amandes était illimité.

Ainsi 4,5 tonnes d'amandes ont été vendues en douze semaines ce qui confirme les résultats d'acceptabilité organoleptique et permet de conclure de façon positive quant à l'accueil qui a été réservé à ce produit.

\* \* \*

L'ensemble de ces résultats nous a donc permis de montrer que, dans des conditions bien déterminées, les produits dérivés de la graine de coton peuvent constituer des denrées susceptibles d'améliorer les régimes alimentaires des populations.

Nous avons vu que cette possibilité constitue une solution locale qui ne nécessite pas d'investissement coûteux.

Enfin, si nous comparons le prix de revient d'un kilogramme de farine et le prix d'un kilogramme de viande de zébu, nous constatons que les protéines de la graine de coton coûtent nettement moins cher que celles de la viande du zébu.

Nous espérons que ce dernier point conduira les responsables des services de santé à prendre position pour la valorisation d'un potentiel alimentaire disponible pour tous.

## NOTES

- . L'étude sur rats de la valeur nutritive de la farine de coton a été réalisée au laboratoire d'études du métabolisme azoté de l'INRA (Theix).
- . Les dosages microbiologiques des vitamines du groupe B ont été réalisés par le Service des vitamines de l'Institut Pasteur (Lyon).
- . Le dosage du gossypol a été réalisé par le Centre de technologie et de chimie de l'IRCT (Nogent).
- . Les analyses bactériologiques ont été effectuées par le laboratoire de bactériologie alimentaire et industrielle (Paris) et par le laboratoire de l'IEMVT (N'Djamena).
- . L'analyse mycologique a été effectuée par le laboratoire de biologie végétale de la Faculté des sciences (Brest).
- . La recherche des aflatoxines a été effectuée à l'Ecole nationale de meunerie et des industries céréalières (Paris).

Nous remercions vivement tous ces laboratoires pour leur contribution à ce travail.

## BIBLIOGRAPHIE

BALLARIN O.

- "Marketing of protein foods in Latin America". - Rome : FAO/WHO/UNICEF PAG, september 1968 meeting. Document 22/4.

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

- "Utilisation en alimentation humaine de la graine de coton sans gossypol et de ses dérivés". - *Annales de la nutrition et de l'alimentation*, 1977, 31, 3, 349-364.

FAO.

- "Table de composition des aliments à l'usage de l'Afrique". - FAO Department of Health and Welfare. Etats-Unis, 1970. - (documents sur la nutrition ; 3).

FAO.

- "Technology of the production of cottonseed flour for use in protein foods". - *Agricultural services bulletin n° 7*. - Rome : Agricultural services division, 1971.

GASTROCK E.A.

- "The application of liquid cyclone to protein of high quality cottonseed concentrate" / Paper presented at the 17th Cottonseed processing Clinic. New Orleans, February 1968.

GRIFFIN A.C.

- "Aflatoxin in cotton after harvesting". - *Postharvest Pathology and Mycotoxins*, 1978, 68, 119-112.

LAURE J.

- *Rapport sur l'acceptabilité du coton sans gossypol*. - Paris : IRCT, SWAE. Tome 1. - 1973.  
Tome . - 1974.

LAWHON J.T., CATER C.M., MATTIL K.F.

- "Preparation of a high - protein low-cost nut-like food product from glandless cottonseed kernels". - *Food Technology*, 1970, 24, 701-704.

MORQUER R., REDON P., ROQUEBERT-HUBERT M.F.

- "Action de quelques champignons toxiques des fourrages sur le métabolisme des animaux". - *Bull. soc. mycol. fr.*, 1971, LXXXVII, 101-120.

PAG (Protein Advisory Group).

- Guideline on protein-rich mixing for use as supplementary food. -  
*PAG guideline*, 1972, n°8.

SHAW R.L.

- "The acceptability of Incaparine". - *PAG bulletin*, 1970, n°9,  
16-17.

STUART H.C., STEVENSON S.S.

- *Physical growth and development*, Nelson W. ed. Textbook of  
pediatrics. - 7th ed. - Philadelphia : Saunders, 1959.