

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

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

Chercheurs de l'ORSTOM

**Étude subventionnée par le F.A.C. Général
(décision d'aide n° 252/CD/71/VI/S/lg)
et par la Délégation Générale à la Recherche
Scientifique et Technique
(décision d'aide n° 74 7 1202)**

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

-oOo-

A. CORNU, F. DELPEUCH, J.C. FAVIER
Chercheurs de l'ORSTOM

Etude subventionnée par le F.A.C. Général
(décision d'aide n° 252/CD/71/VI/S/Ig)
et par la Délégation Générale à la Recherche
Scientifique et Technique
(décision d'aide n° 74 7 1202)

-oOo-

Ce travail a été réalisé de juin 1974 à juin 1975 au Centre
ORSTOM de N'DJAMENA (République du Tchad) et au laboratoire
de Nutrition du Centre Pluridisciplinaire de l'ONAREST à
YAOUNDE (République Unie du Cameroun).

RESUME SIGNALETIQUE

Les essais ont principalement porté sur une farine de graines de coton sans gossypol délipidée, à 56 p. cent de protéines. Le mélange avec des farines de mil ou de sorgho est possible et permet de préparer les principaux plats de la cuisine tchadienne. Les essais d'acceptabilité et de consommation prolongée ont montré que cette 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. cent de protéines et 33 p. cent 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.

S U M M A R Y

Trials have principally turned on a glandless cottonseed flour, with 56 p. cent of proteins. It is possible to blend it with millet or sorghum flour, and so to prepare the main meals of the chadian 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. cent of proteins and 33 p. cent of lipids have been consumed with success. Four tons of kernels have been sold at the same price as sorghom in the area where the glandless cotton plant is under cultivation.

R E S U M E N

Se han realizado experimentaciones sobre una harina de semillas de algodón "glandless" con 56 % de proteínas. Es posible mezclarla con harina de mijo y preparar los principales platos tradicionales del Tchad. Las pruebas de aceptabilidad y de consumo prolongado han mostrado que la harina es muy apreciada sobre todo para la preparación de las salsas. El consumo durante seis meses de una papilla compuesta de mijo y de harina de algodón ha mejorado el crecimiento de los niños. Se ha intentado, por otra parte, la fabricación industrial de bizcochos y tallarines. Las semillas de algodón con 32 % de proteínas y 33 % de grasas tuvieron mucho éxito; 4,5 toneladas de semillas fueron vendidas en la zona algodonera glandless, a un precio semejante al del mijo.

SOMMAIRE

	PAGES
AVANT PROPOS	1
I - INTRODUCTION ET OBJET DU TRAVAIL	2
II - CONSOMMATION TRADITIONNELLE DE GRAINES ET TOURTEAUX DE COTON AVEC GOSSYPOL	9
III - LA FARINE DE COTON SANS GOSSYPOL	18
1. Composition chimique et valeur nutritive	18
2. Aspect technologique de l'utilisation de la farine de coton sans gossypol	29
3. Acceptabilité des préparations culinaires contenant de la farine sans gossypol en milieux rural et urbain.	33
4. Essais de tolérance physiologique et de croissance sur des enfants d'âge scolaire.	46
5. Essais de consommation prolongée.	54
5.1. Camp scolaire d'adolescents	54
5.2. Centre de jeunes agriculteurs	56
6. Projets de fabrication d'aliments manufacturés	60
IV - LE TOURTEAU DE GRAINES DE COTON SANS GOSSYPOL.	64
V - LES AMANDES DE GRAINES DE COTON SANS GOSSYPOL.	66
VI - ACCEPTABILITE ECONOMIQUE	73
VII - CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES.	79
VIII - ANNEXES	83
IX - REFERENCES	89

AVANT - PROPOS

Afin d'éviter toute confusion entre les différents dérivés de la graine du cotonnier il nous a semblé souhaitable de préciser la définition des termes utilisés dans ce rapport.

Glanded : sous cet adjectif est rassemblé tout ce qui est relatif aux variétés classiques de cotonniers contenant des glandes à gossypol.

Graine de coton glandless : (issue de cotonniers sans gossypol) graine entière débarrassée des fibres et du linter mais encore pourvue de sa coque.

Amende de coton glandless ou sans gossypol

il s'agit de la graine entière après décorticage : il n'y a plus aucune coque.

Tourteau de coton glandless ou sans gossypol

il s'agit du résidu obtenu après extraction de l'huile des amandes ; il contient un fort pourcentage de coques (ajoutées pour faciliter l'extraction) et de débris cellulosiques ; dans ce rapport nous avons réservé ce terme au tourteau contenant encore 15 à 25 % de lipides.

Farine de graines de coton ou farine de coton glandless ou

sans gossypol : il s'agit en réalité d'une farine de tourteau ; dans ce rapport nous avons réservé ce terme à une farine finement broyée, bien tamisée (fine fleur) et ne contenant qu'environ 4 p. cent de lipides.

I. INTRODUCTION. OBJET DU TRAVAIL

Parmi toutes les solutions envisagées pour augmenter les disponibilités en protéines des populations des pays en voie de développement, l'utilisation des graines de coton, produites par ces pays, est restée au second plan jusqu'à ces dernières années en raison de la présence dans la graine d'un pigment toxique pour l'homme, le gossypol. Les manifestations de la toxicité du gossypol, qui touche surtout les monogastriques, sont très variées ainsi qu'en témoignent de nombreux travaux publiés sur ce sujet (1-12).

Pourtant la consommation de graines de coton est pratiquée depuis longtemps par certaines populations de l'Afrique centrale, généralement à l'occasion de disettes ou des périodes de soudure mais aussi, dans quelques cas, d'une manière plus suivie (populations MOUNDANG du Nord Cameroun). Certains cas d'œdèmes graves auraient été observés mais il convient de préciser que la plupart des groupes ethniques consommateurs de graines de coton savent inactiver partiellement le gossypol par le biais de pratiques culinaires telles que l'addition de potasse sous forme d'eau de cendres.

Il est ainsi utile de rappeler qu'à l'état brut l'amande de la graine de coton est déjà un produit relativement riche en protéines (30 p. cent) susceptible de rééquilibrer certains régimes déficitaires. Un tel taux de protéines justifie aux yeux du nutritionniste l'intérêt porté à ce produit.

Quoi qu'il en soit, avant la mise au point des procédés d'extraction du gossypol, les huileries livraient sur le marché des tourteaux réservés à l'alimentation animale et notamment à celle des ruminants du seul fait de leurs teneurs élevées en gossypol (0,5 à 1 p. cent). Les recherches menées aux Etats Unis ont finalement abouti à la production industrielle d'une farine de graines de coton à faible taux de gossypol, utilisable en alimentation humaine (13).

L'opération d'extraction du gossypol n'est cependant pas simple puisqu'il s'agit d'éliminer un maximum de toxique sans altérer la valeur nutritive de la graine (14-15-16). De plus la plupart des pays producteurs de coton ne disposent pas de l'arsenal technologique nécessaire pour mener à bien une telle opération.

La principale réalisation en alimentation humaine est à mettre à l'actif de l'Institut de Nutrition de l'Amérique Centrale et de Panama qui a réussi à élaborer et à vulgariser un mélange à base de farine de maïs, de farine de sorgho et de farine de graines de coton dégossypolée connu sous le nom d'Incaparina (17-18). D'un prix de vente modéré, l'Incaparina, préparé sous forme d'une boisson traditionnelle a connu un vif succès au Guatemala où les ventes mensuelles atteignaient 200 tonnes en 1967 (19-20). A la suite du succès de l'Incaparina le Pérou a également développé la production d'un aliment composé, appelé Péruvita, qui contient jusqu'à 56 p. cent de farine dégossypolée. Cependant d'une manière générale on peut dire que les farines de coton dégossypolées n'ont pas eu le succès attendu, tant sur le plan de l'alimentation animale en raison du coût de la préparation, que sur celui de l'alimentation humaine en raison de l'imperfection des produits obtenus (21-22).

Les techniciens de l'alimentation orientent désormais leurs recherches vers la production d'isolats dont la teneur en protéines atteint 95 % (23). Ces résultats permettent d'envisager dans un avenir proche l'apparition de denrées consommables très voisines de celles obtenues avec les protéines végétales texturées du soja (24).

Des perspectives nouvelles d'utilisation de la farine de graines de coton sont apparues à la suite des travaux d'un généticien américain, Mac MICHAEL, aboutissant à la sélection de variétés de cotonniers dits "glandless", pratiquement dépourvues de glandes à gossypol (25). L'élimination génétique du gossypol permet d'obtenir après extraction de l'huile, une farine directement utilisable en alimentation humaine. Sa valeur alimentaire

est comparable, voire supérieure à celle obtenue avec les variétés traditionnelles glandées (26). La farine déshuilée peut contenir jusqu'à 60 p. cent de protéines (27).

Depuis 1958 l'IRCT a poursuivi au Tchad puis au Mali un programme de création de variétés de cotonniers glandless adaptées aux conditions particulières de ces pays. Dans cette zone où sévit un déficit chronique en protéines animales encore aggravé par les récentes années de sécheresse, il était tout naturel de penser aux graines de coton sans gossypol comme source potentielle de protéines pour les populations.

Or le problème de l'utilisation de ces graines est double :

- il s'agit d'une part de savoir si les variétés glandless pourront être cultivées avec succès dans les conditions du milieu rural tchadien afin de fournir suffisamment de farine.
- il s'agit d'autre part de déterminer si la farine ainsi obtenue est capable de plaire aux populations concernées et d'être introduite dans l'alimentation quotidienne.

Concernant le premier point il faut rappeler les propos des agronomes de l'IRCT pour qui le succès du cotonnier glandless dépend d'une condition essentielle : "les nouvelles variétés ne devront en aucun cas se montrer inférieures aux variétés classiques, ni sur le plan du rendement, ni sur celui des qualités de la fibre" (28). Il ne nous appartient pas ici de prendre position sur ce problème mais il nous a paru souhaitable de faire un bilan succinct de la culture du cotonnier glandless au Tchad. Jusqu'à présent c'est la variété glandless Bulk B qui a été principalement étudiée. En ce qui concerne la technologie de la fibre, la variété Bulk B présente un ensemble de caractères satisfaisants puisque le rendement à l'égrénage est voisin de celui de la variété classique BJA,

que la longueur des fibres est plus élevée, que le micronaire est plus fort et que les essais en filature ont montré un comportement normal (29-30). Par contre la productivité est plus faible que celle des variétés traditionnelles (- 5 p. cent). Cet écart se creuse lorsque les conditions de climat et de culture ne sont pas satisfaisantes (par exemple semis tardifs, défaut de fertilisation et de traitements insecticides). En outre les variétés glandless sont plus sensibles à l'attaque des insectes, altises et charançons en particulier, ce qui nécessite deux traitements supplémentaires et une surveillance accrue de la part du planteur (31).

Une des conditions essentielles pour que les cultivars glandless deviennent compétitifs est qu'ils aient une productivité accrue 5 à 10 % par rapport à la variété actuellement utilisée. Des essais variétaux ont été tentés dans ce sens. L'effort de sélection a donné, outre BJA glandless et E 935, la variété E 965-F 281 dont le rendement à l'hectare est excellent (117 % du HG9). La teneur en fibre dépasse de 3 % celle du BJA et ses caractéristiques semblent bonnes. Les résultats obtenus à Maroua (Cameroun) avec cette variété vont dans le même sens (32).

Pour l'avenir l'ensemble des surfaces cultivées en glandless au Tchad évolue favorablement, 500 ha en 74/75, 2 000 ha en 1975/76, ce qui, à notre sens, peut permettre le démarrage de l'utilisation de la graine de coton glandless ou de ses dérivés.

Concernant le deuxième point à savoir l'utilisation en alimentation humaine de la graine de coton ou de ses dérivés, il faut rappeler que plusieurs expérimentations nutritionnelles ont été conduites jusqu'à présent au Sénégal et au Mali à l'initiative de l'IRCT.

L'étude sur animaux menée par l'ORANA à Dakar a montré la valeur de la farine de coton sans gossypol dans la supplémentation de régimes hypoprotéiques à base de mil ou de manioc (27). De l'expérimentation clinique réalisée à l'hôpital LE DANTEC de Dakar (33), il ressort que la farine de coton peut être un aliment hyperprotéiné intéressant pour l'alimentation des jeunes enfants normaux ou malnutris. On a obtenu sur les enfants atteints de Kwashiorkor une fonte des oedèmes après une période de 4 à 7 jours, suivie d'un gain de poids allant de 42 à 200 g par jour ; ceci avec une alimentation constituée d'un mélange de poudre de lait écrémé et de farine de coton. Les enfants souffrant de dénutrition simple recouvrent une protidémie et une **albuminémie** normales avec un mélange mil+coton (80 + 20). Une expérimentation du même type a été menée en milieu rural par la division de la nutrition du Ministère malien de la Santé. Un groupe d'enfants de 1 à 3 ans a reçu pendant une assez longue période une alimentation suppléentée par la farine de coton. La comparaison favorable avec un groupe témoin a conduit les nutritionnistes maliens à recommander vivement l'emploi de cette farine. Cet essai a été complété par l'étude de LAURE (34).

Ainsi la valeur alimentaire des dérivés de la graine de coton glandless a été plusieurs fois démontrée ; pourtant, aussi bonne que soit la graine de coton sur le plan nutritionnel il n'en reste pas moins qu'elle sera sans valeur si les populations concernées refusent de la consommer. C'est pourquoi l'objet principal de notre travail est constitué par l'étude des problèmes d'acceptabilité (au sens large) des dérivés de la graine de coton glandless (amande, tourteau, farine) par les populations urbaines et rurales du Tchad.

L'orientation générale sera la recherche des moyens propres à introduire la graine de coton sans gossypol dans l'alimentation quotidienne. En effet, sans pour autant négliger l'intérêt d'une production industrielle d'aliments composés à base de farine de coton (un projet a été élaboré au Tchad), 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'essayer de mettre directement à la disposition des populations les dérivés de la graine de coton sous leur forme la plus simple, amande ou farine. En d'autres termes il nous appartient de essayer de répondre aux questions suivantes :

1. La farine de graines de coton sans gossypol peut-elle constituer pour les populations du Tchad un aliment de préparation et de consommation faciles ? Sous quelle forme et dans quelles préparations culinaires peut-elle être introduite ?

Nous avons tenu compte du fait que la graine de coton n'est pas un aliment inconnu pour de nombreuses populations tchadiennes. D'une étude des modalités (recettes-fréquences) et des motivations (image de l'aliment-graine de coton) relatives à la consommation des graines glanded nous avons retiré des indications précieuses pour l'utilisation des produits glandless. D'un autre côté nous avons, à partir de recettes traditionnelles déterminé quelle quantité de farine pouvait être introduite dans les principaux plats tchadiens sans nuire à leur préparation ou à leur qualité. Enfin des épreuves d'acceptabilité ont été organisées pour tester les réactions des consommateurs et essayer de définir quels sont les plats les plus appréciés.

2. La farine de graines de coton sans gossypol est-elle un aliment susceptible de plaire et d'être acheté par les populations qui en ont besoin ?

Il ne suffit pas en effet que la farine de coton soit bien acceptée pour que son succès soit assuré. Il est important de savoir si une consommation prolongée peut être envisagée et si les gens sont prêts à dépenser de l'argent pour se procurer la farine. C'est pourquoi nous avons organisé des essais de consommation de longue durée chez des adolescents et des familles d'agriculteurs et pratiqué parallèlement des essais de vente d'amandes et de farine.

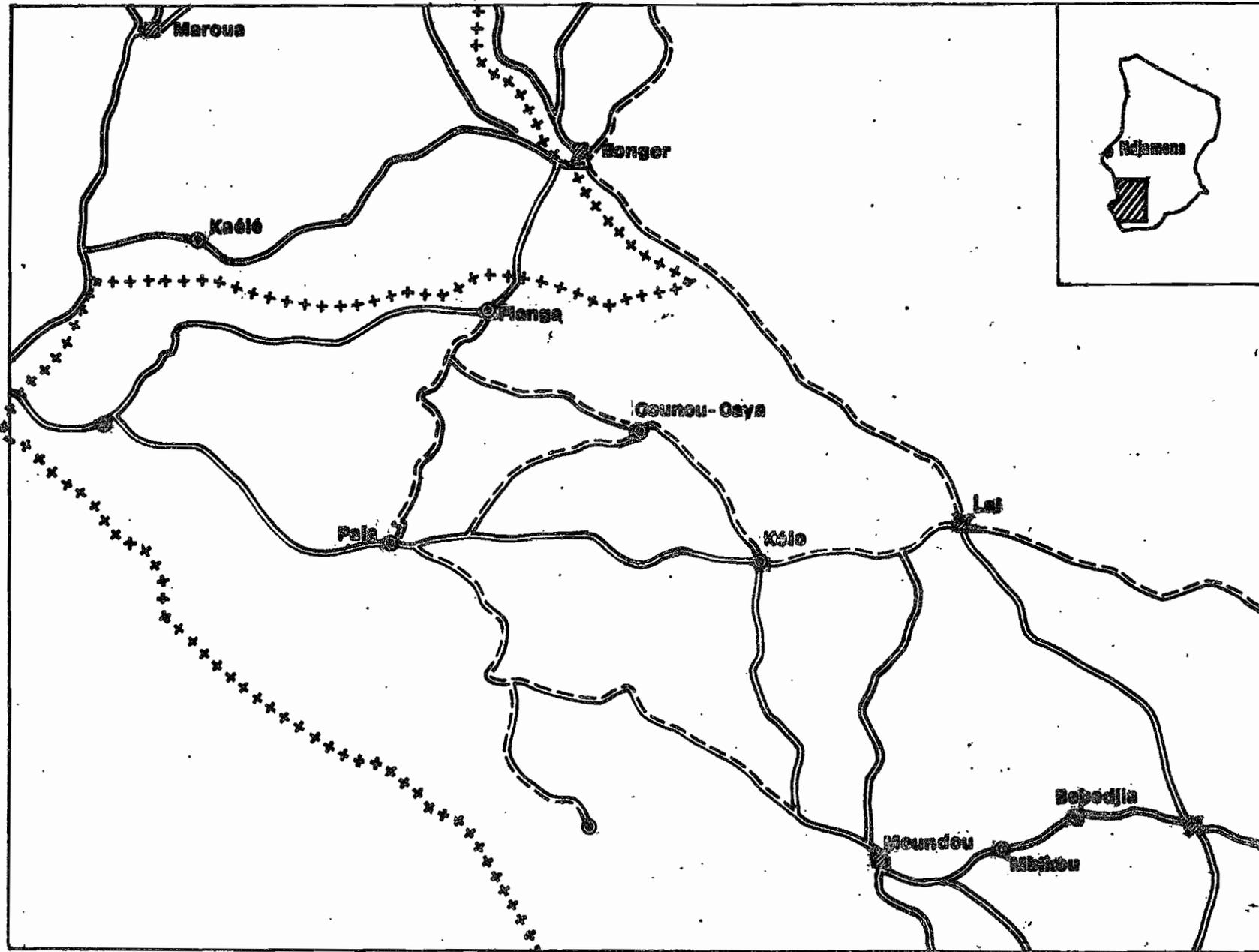
3. La farine de graines de coton sans gossypol est-elle un aliment utilisable par les jeunes enfants ?

Dans la collectivité c'est le groupe des jeunes enfants qui est par excellence le plus touché par les carences protéiques et donc le plus intéressé par l'introduction d'un aliment riche en protéines. Il méritait une attention particulière. Nous avons suivi pendant plusieurs mois l'acceptabilité et la tolérance physiologique d'une bouillie à base de farine de coton ; les effets de sa consommation sur la croissance corporelle des enfants ont été mesurés.

4. L'amande ou le tourteau peuvent-ils remplacer la farine de graines de coton sans gossypol ?

En attendant l'installation au Tchad d'une unité de production de farine de coton nous avons cherché à savoir si le tourteau produit actuellement ou même les amandes obtenues après décorticage pouvaient être utilisés.

DOMAINE DE L'ETUDE



II. CONSOMMATION TRADITIONNELLE DE GRAINES ET TOURTEAUX DE COTON

AVEC GOSSYPOL

Une enquête par questionnaire a été réalisée auprès de 2507 personnes, chefs de familles ou ménagères de la zone cotonnière du Tchad (Gounou-Gaya, Kelo, Pala, Fianga, Bongor, Moundou, Bebedjia ; voir carte) et du Cameroun (Kaélé).

Il s'agit essentiellement d'une population d'agriculteurs dont la répartition ethnique est la suivante : Sara 27 p. cent, Toupouri 15 p. cent, Moundang 19 p. cent, Massa 10 p. cent, Mousseye 10 p. cent, groupes de la Tandjilé 18 p. cent, auxquels s'ajoutent quelques Foulbé, Arabes et Guiziga ; les animistes sont fortement représentés 47 p. cent, contre 20 p. cent de protestants, 10 p. cent de catholiques et 11 p. cent de musulmans. 79 p. cent des personnes interrogées cultivent le coton.

En ce qui concerne la consommation de graines de coton 52.8 p. cent des personnes de notre échantillon en ont mangées au moins une fois (tableau 1). C'est parmi la population Moundang, notamment celle de Kaélé que la consommation semble la plus répandue ; en revanche les Sara et les Massa consommateurs de graines de coton sont minoritaires. 98 p. cent des Sara évoquent la famine comme raison de la consommation et pour la plupart des groupes la disette est le principal moteur qui pousse les individus à préparer des graines ; cependant une partie non négligeable, soit 30 p. cent, de la population Moundang déclare manger des graines de coton par habitude ; en réalité il s'agit des habitants de la région de Kaélé qui récupèrent une partie des sous-produits de l'huilerie ; les pieds de presse et de filtres sont revendus sur les marchés de Kaélé ; il s'agit là d'un cas unique puisque partout ailleurs ce sont les graines de semences qui sont récupérées et pilées en période de disette. Nous avons cependant trouvé plusieurs cas d'achats de tourteaux du Cameroun à Kelo et Gounou-Gaya.

Tableau 1 : Consommation traditionnelle de graines de coton avec gossypol.

ETHNIES	Ont déjà mangé des graines de coton		Raison principale (en % de toutes les raisons données)		Raison secondaire		N'ont jamais mangé de graines de coton		Raison principale		Raison secondaire	
	nb	%		%		%	nb	%		%		%
Sara	217	32.6	Famine	98.0	-	-	448	67.4	Ne connaît pas	68.5	Nocif pour la santé	20.0
Toupouri	151	40.3	Famine	53.0	Goût	29.8	224	59.7	Manque de graines	25.0	Ne connaît pas	16.1
Moundang	422	89.2	Famine	38.9	Habitude	30.1	51	10.8	Ne connaît pas	50.0	Nocif	14.0
Massa	62	24.5	Famine	85.5	Goût	11.3	191	75.5	Ne connaît pas	50.3	Manque de graines	17.3
Mousseye	136	53.1	Famine	75.0	Goût	13.2	120	46.9	Ne connaît pas	37.1	Manque de graines	20.6
Groupes de la Tandjilé	115	57.2	Goût	30.5	Famine	25.6	86	42.8	Ne connaît pas	68.7	Nocif	15.6
Ensemble de l'échantillon.	1324	52.8	Famine	57.9	Goût	16.0	1183	47.2	Ne connaît pas	50.7	Manque de graines	13.1

Le tableau 2 indique que 76 p. cent des personnes interrogées n'ont pas mangé de graines depuis plus d'un an ; la consommation actuelle paraît donc très limitée et pratiquement localisée à la région de Kaélé.

Les raisons de l'abandon de la consommation sont en premier lieu l'absence de disette mais aussi le manque de graines de semences ; ce dernier point montre que 38 p. cent de consommateurs seraient prêts à consommer des graines de coton s'ils pouvaient en obtenir (tableau 3). Il faut remarquer que certaines personnes craignent la présence d'insecticides dans les graines ; à Moundou des accidents nous ont effectivement été signalés à la suite d'ingestion de graines de semences.

Dans notre zone d'étude la graine de coton ne semble être soumise à aucun interdit alimentaire ; elle ne paraît pas non plus être réservée à la consommation de certains membres du groupe familial. Pour l'ensemble des ethnies les sauces constituent le principal mode de préparation (jusqu'à 90-95 p. cent des préparations chez les Sara et les ethnies de la Tandjilé ; tableau 4). Chez les Moundang, les Toupouri et les Massa les préparations sont plus diversifiées essentiellement sous forme de beignets cuits à l'eau et de bouillies en mélange avec le mil. La préparation de boules apparaît tout à fait exceptionnelle.

La presque totalité des personnes interrogées déclarent qu'en cas de besoin la graine de coton peut remplacer le poisson, la viande ou l'arachide dans les sauces ; cependant plus de 70 p. cent préfèrent à priori la sauce traditionnelle préparée avec l'arachide, essentiellement pour des raisons de goût et d'habitude. Nous verrons lors des essais d'acceptabilité que cette proportion s'inverse lorsque les sauces sont préparées avec de la farine sans gossypol raffinée au lieu des graines "glandées" habituelles.

Pour avoir une idée du goût des consommateurs nous avons présenté la farine sans gossypol (farine bien raffinée de couleur claire) par comparaison à la farine consommée traditionnellement et préparée à partir de graines "glandées" pilées (farine brune assez grossière) : tableau 5. Pour l'ensemble de l'échantillon, 75 p. cent

Tableau 2. Date de la dernière consommation de graines de coton

	1 à 7 jours	7 à 31 jours	1 à 5 mois	6 à 11 mois	1 an et plus	Ne sais pas	Total
Nombre	32	10	34	26	1008	214	1324
%	2.4	0.80	2.6	2.0	76.1	16.1	100

Tableau 3. Raisons de l'abandon de la consommation de graines de coton

	Absence de famine	Insecti- cides dans les graines	Manque de graines	Mauvais goût	Nocif pour la santé	Autres et ne sais pas	Total
Nombre	470	155	504	50	40	105	1324
%	35.5	11.7	38.1	3.8	3.0	7.9	100

Tableau 4. Modes de consommation des graines de coton

ETHNIES	Boule		Beignet		Sauce		Bouillie		Autres	
	nb	%	nb	%	nb	%	nb	%	nb	%
Sara	3	1.4	2	0.9	211	96.8	2	0.9	-	
Toupouri	15	8.1	58	31.2	78	41.9	26	14.0	9	4.8
Moundang	22	4.0	126	22.9	357	64.8	29	5.3	17	3.1
Massa	1	1.4	1	1.4	42	59.2	26	36.6		1.4
Mousseye	23	14.7	13	8.3	112	71.8	7	4.5	1	0.7
Groupes de la Tandjilé	3	2.5	4	3.3	111	91.7	3	2.5	-	-
Ensemble	83	5.1	275	17.0	1091	67.5	134	8.3	33	2.1

Tableau 5. Répartition des préférences entre une farine de tourteau glanded et la farine de coton sans gossypol.

ETHNIES	Préfèrent la farine glanded		Préfèrent la farine sans gossypol		Identique	
	nb	%	nb	%	nb	%
	Sara.	116	17.4	543	81.6	6
Toupouri	70	18.7	219	58.4	86	22.9
Moundeng	35	7.4	362	76.5	76	16.0
Masse	68	26.9	157	62.0	28	11.1
Mousseye	22	8.6	225	87.9	9	3.5
Groupe de la Tandjilé	18	8.9	173	86.1	10.0	5.0
Ensemble de l'échantillon	363	14.5	1889	75.3	255	10.1

des individus préfèrent la farine sans gossypol en raison de sa couleur claire qui rappelle celle de la farine de sorgho blanc, de son goût et de la finesse de raffinage qui paraît être très importante pour certaines ménagères ; notons que 27 p. cent des Massa préfèrent la farine brune ce qui s'explique par le goût de cette ethnie pour la consommation de farines colorées notamment celle de sorgho rouge. Finalement les perspectives d'utilisation de la farine de coton paraissent bonnes dans l'ensemble de notre zone d'enquête puisque plus de 40 p. cent des individus envisagent de la consommer au moins plusieurs fois par semaine (tableau 6) ; seuls 11.5 p. cent déclarent à priori qu'ils n'utiliseront jamais la farine ; les Massa et les Toupouri semblent à cet égard les plus réticents ; en revanche les Moundang, dont certains sont déjà habitués à utiliser du tourteau, sont ceux qui manifestent les plus grandes intentions de consommation. 83 p. cent des consommateurs envisagent d'utiliser la farine en mélange avec un autre aliment, surtout du sorgho pour préparer des boules et des bouillies.

L'analyse des intentions relatives aux modes de consommation (tableau 7) montre qu'il y a une forte assimilation de la farine sans gossypol à une farine de céréales dans l'esprit des consommateurs ; 71.0 p. cent des personnes interrogées envisagent de préparer des boules et 44.7 p. cent des bouillies ; or ces deux types de plats sont habituellement préparés avec le mil. En revanche les intentions de préparation de sauces sont faibles (18.2 p. cent) alors que ce plat constitue le mode de consommation traditionnel des graines de coton avec gossypol. La farine de coton sans gossypol apparaît donc pour les consommateurs comme un aliment relativement nouveau. Il conviendra d'en tenir compte lors d'une éventuelle campagne de vulgarisation.

En conclusion, il apparaît que la consommation de graines de coton "glandées" dans les zones cotonnières tchadiennes et camerounaises est tout à fait marginale et ne prend de l'importance qu'en période de grande disette ; de surcroît il semble très difficile de se procurer des graines de coton et le seul endroit où la consommation reste actuelle est la région de Kaélé grâce à l'utilisation des résidus de tourteaux de l'huilerie.

Tableau 6 : Intentions d'utilisation de la farine de coton ; fréquences de consommation.

ETHNIES	Tous les jours		Plusieurs fois par semaine		Rarement		Jamais		Ne sais pas	
	nb	%	nb	%	nb	%	nb	%	nb	%
Sara	10	4.6	92	42.4	88	40.5	24	11.1	3	1.4
Toupouri	36	23.8	5	3.3	69	45.7	39	25.8	2	1.4
Moundang	109	25.8	115	27.3	155	36.7	38	9.0	5	1.2
Massa	23	37.1	1	1.6	23	37.1	14	22.6	1	1.6
Mousseye	8	5.9	10	7.4	107	78.7	8	5.9	3	2.1
Groupes de la Tandjilé	13	11.3	8	7.0	91	79.1	3	2.6	0	0
Ensemble	275	20.8	264	19.9	618	46.7	152	11.5	15	1.1

Tableau 7 : Intentions d'utilisation de la farine de coton : modes de consommation

ETHNIES	Boule		Beignet		Sauce		Bouillie		Autres	
	nb	%	nb	%	nb	%	nb	%	nb	%
Sere	339	51.0	97	14.6	156	23.4	236	35.5	4	0.6
Toupouri	311	82.9	143	38.1	69	18.4	258	68.8	54	14.4
Moundang	332	70.2	109	23.0	98	20.7	114	24.1	39	8.2
Massa	201	79.4	23	9.1	27	10.7	178	70.3	6	2.4
Mousseye	224	87.5	45	17.6	46	18.0	146	57.0	12	4.7
Groupes de la Tandjilé	193	96.0	62	30.8	9	4.5	79	39.3	2	1.0
Ensemble de l'échantillon	1781	71.0	581	23.2	457	18.2	1121	44.7	134	5.4

III. LA FARINE DE GRAINES DE COTON SANS GOSSYPOL

1. Composition chimique et valeur nutritive

1.1. Composition chimique

Le produit utilisé dans cette étude est une farine de type "fine fleur" préparée à la SODEC de LYNDIANE à partir de graines de coton "glandless" originaires du Mali. Ses principales caractéristiques par rapport à un tourteau classique sont une teneur très abaissée en lipides et une mouture beaucoup plus fine.

Les résultats analytiques présentés dans le tableau 8 confirment la richesse en protéides de la farine. En revanche l'indice chimique calculé par rapport aux protéines de l'oeuf (35) ne dépasse pas 43,5 à 47,5 selon les analyses (tableau 9) et peut paraître assez bas. L'isoleucine constitue le facteur limitant primaire et les acides aminés soufrés le facteur limitant secondaire. Pour d'autres auteurs la méthionine constituerait le facteur limitant primaire (34). La teneur en lysine disponible (tableau 9) est légèrement inférieure à celle proposée par le groupe conseil des protéines pour les Nations Unies (P.A.G.) soit 3,6 g pour 16 g d'azote (36). La farine glandless contient des quantités d'eau et de lipides résiduels assez faibles, ce qui devrait permettre une bonne conservation. L'acide linoléique, acide gras indispensable, est le plus abondant des acides gras (tableau 10). La farine de coton est une bonne source de vitamines du groupe B, en particulier de thiamine et d'acide folique puisque 100 grammes de cette farine réalisent à eux seuls plus de deux fois l'apport quotidien recommandé de thiamine pour l'homme adulte et plus d'une fois et demie celui d'acide folique (37). Les besoins en riboflavine et en niacine sont également couverts en proportion non négligeable, soit 20 et 25 p. cent.

Tableau 8

Composition chimique de la farine glandless

	p. 100 g de matière sèche	p. 100 g de matière fraîche	recommandations PAG 1972 p. 100 g de mat. 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)	1629	1546	-
Ca/P	0.10	0.10	-
Sodium (mg)	32	30	-
Potassium (mg)	1894	1797	-
Fer (mg)	20	19	-
Insoluble chlorhy- drique (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 pantothenique (mg)	1.24	1.18	-
* Folate (mg)	0.36	0.34	-
* Biotine (mg)	0.05	0.05	-

* Résultats obtenus par le Service des Vitamines de l'Institut Pasteur de LYON.

Tableau 9

Teneur en acides aminés des protéines de farine de coton
(g/16 g N)

	Résultats obtenus par l'I.N.R.A. ¹	Résultats obtenus par l'O.R.S.T.O.M. ²
Ac. aspartique	9.46	9.66
* <u>Thréonine</u>	3.28	2.69
Serine	4.54	5.24
Ac. glutamique	22.35	20.11
Proline	4.04	3.41
Glycocolle	4.03	3.81
Alanine	3.80	3.56
<u>Valine</u>	4.24	4.91
<u>Méthionine</u> + Cystine	3.86	3.03
<u>Isoléucine</u>	2.98	2.73
<u>Leucine</u>	5.45	5.53
<u>Phénylalanine</u> + Tyrosine	8.52	8.29
<u>Lysine</u>	4.43	4.33
Histidine	2.88	3.19
Arginine	11.79	13.79
<u>Tryptophane</u>	1.10	non dosé
Total	96.75	94.28
Lysine disponible	-	3.3

1. Laboratoire d'études du métabolisme azoté INRA 63-THEIX

2. Laboratoire de Nutrition ONAREST - YAOUNDE

* Les acides aminés soulignés sont indispensables à l'organisme

Tableau 10

Composition en acides gras des lipides de la farine glandless
(en p. 100 des acides gras totaux)

Nombre d'analyses		8
ac. myristique	C14 : 0	1.28
ac. palmitique	C16 : 0	34.10
ac. stéarique	C18 : 0	2.12
ac. oléique	C18 : 1	19.42
ac. linoléique	C18 : 2	43.08
<u>ac. insaturés</u>		
ac. saturés		1.66

Aspect bactériologique ~~xx~~

Le nombre de germes totaux varie selon les lots entre cent mille et plus de un million par gramme de farine. Aucun staphylocoque pathogène et aucune salmonelle n'ont été trouvés ; des germes indologènes et coliformes ainsi que des Escherichia coli sont présents en petites quantités. La qualité bactériologique de la farine est, dans l'ensemble, jugée médiocre, voire insuffisante pour certains lots. La farine est cependant utilisable en alimentation humaine puisqu'elle n'est consommée qu'après cuisson (ébullition ou friture prolongée).

Aspect mycologique ~~xxx~~

La plupart des lots de farine destinés à l'expérimentation contiennent des moisissures. Les résultats analytiques sont résumés dans le tableau 11. Remarquons la présence de plusieurs moisissures capables de modifier la valeur nutritionnelle de la farine. C'est le cas d'Aspergillus niger mais surtout d'Absidia corymbifera qui est susceptible d'altérer la composition en acides aminés de la farine notamment en faisant disparaître la méthionine et l'acide aspartique. Aspergillus flavus connu pour l'élaboration des aflatoxines est présent en quantités assez importantes dans un des lots. Ainsi que le souligne Moreau (38) il peut s'agir d'une souche faiblement ou non toxigène mais il nous a semblé prudent de faire effectuer un dosage d'aflatoxines. A cette réserve près la farine semble utilisable en alimentation humaine.

~~x~~ Analyses effectuées par le laboratoire de bactériologie alimentaire et industrielle 8, rue Beautreillis 75004 PARIS.

~~xxx~~ Analyses mycologiques par Mr. C. MOREAU, Faculté des Sciences de BREST.

Tableau 11

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

	LOT 1	LOT 2	LOT 3
<u>Absidia corymbifera</u>	230	30	30
<u>Aspergillus candidus</u>	-	-	traces
<u>Aspergillus flavus</u>	30	30	230
<u>Aspergillus fumigatus</u>	-	traces	30
<u>Aspergillus niger</u>	60	30	400

Aspect toxicologique *

Les recherches d'aflatoxines se sont révélées négatives. Rappelons que les normes admises par le PAG (36) sont de 0,03 ppm. La farine semble donc pouvoir être utilisée sans danger.

En ce qui concerne les teneurs en gossypol elles ne dépassent pas 0,1 p. cent pour le gossypol total et 0,02 p. cent pour le gossypol libre. Ces teneurs, à la limite de la précision du dosage, apparaissent comme négligeables.

Conservation de la farine.

La farine mise à notre disposition ayant séjourné longtemps en sacs avant son utilisation, il nous a semblé intéressant d'étudier le comportement de ses lipides comparativement à un tourteau glandless (voir chapitre IV) contenant environ 21 p. cent de matières grasses. L'acidité libre des lipides de la farine glandless est assez élevée et continue à augmenter après plusieurs mois de stockage (tableau 12). Quant à l'indice d'acidité du tourteau de coton il atteint des valeurs anormalement élevées et montre une augmentation très rapide au cours du stockage à température ambiante. On peut craindre pour ce tourteau riche en lipides une altération de ses caractéristiques ; l'intérêt d'une farine à faible taux de lipides semble donc bien démontré.

Conclusions

Du point de vue de sa composition chimique la farine est de bonne qualité et répond aux normes fixées par le PAG (tableau 8). Le déséquilibre relatif de la composition en acides aminés est compensé par la quantité très importante de

* Dosages d'aflatoxine par l'Ecole Nationale Supérieure de Meunerie 16, rue Nicolas Fortin PARIS 13°.

Dosage de gossypol par le Centre de Technologie de l'IRCT NOGENT/Marne.

Tableau 12

Indice d'acidité des matières grasses d'une farine et d'un tourteau glandless (exprimé en mg de potasse nécessaire pour neutraliser les acides gras libres d'un gramme de matières grasses).

		Après 6 mois de stockage	
		Température ambiante	Congélateur
Farine glandless 4,0 % lipides	7,41	8.9	10.5
Tourteau glandless 21,66 % lipides	73.36	164.1	93.3
Huile de coton valeurs habituelles	2 à 6	-	-

protéines contenues dans la farine, et par la supplémentation qui sera réalisée avec les autres acides aminés de la ration. L'aspect bactériologique est en revanche moins satisfaisant, bien que la farine soit à notre avis consommable du fait de son utilisation après cuisson. Il conviendra toutefois de prendre un soin particulier aux conditions de manipulation, d'emballage et de stockage de la farine. Des vérifications de l'absence d'aflatoxines devraient être effectuées tout au moins dans un premier temps. Des recherches systématiques de résidus de pesticides et de solvants devraient être également entreprises.

1.2. Essais sur animaux

Ce travail a été entièrement réalisé dans les Services de Mr. PION, Laboratoire d'Etude du Métabolisme Azoté - INRA Theix 63 110 BEAUMONT.

La valeur nutritive de la farine de graines de coton sans gossypol a été appréciée sur un lot de rats en croissance. Le régime de ces rats était à base de farine sans gossypol qui constituait l'unique source de protéines de la ration (tableau 13). Afin de satisfaire les besoins en acides aminés des animaux, elle a été complétée en isoleucine, méthionine et lysine. Un lot recevant des protéines apportées par une farine de poisson, donc de haute valeur biologique, servait de témoin. Les deux régimes comparés ont été établis de telle sorte que la satisfaction des besoins des animaux soit réalisée .

Appréciation de l'utilisation digestive et métabolique de la matière azotée.

La digestibilité de la matière sèche et/ de la matière organique des deux régimes ont été très voisines. Le coefficient d'utilisation digestive apparent des matières azotées de la farine sans gossypol

Tableau 13

Composition du régime (expérience croissance)
(g/kg MS régime)

Farine de coton	250.50
Amidon	666.50
Mélange minéral	35.00
Oligo-élément	20.00
Vitamines	20.00
Isoleucine	0.80
DL méthionine	0.40
L. Lysine chlorhydrate	2.90
Huile arachide	60.30
Huile maïs vitaminée	20.00
Biotine	5 ml
Choline	5 ml
Eau	850 ml

Tableau 14
Expérience de digestibilité

	Coton	Témoin Poisson (valeur moyenne)
CUDA matière sèche	91.74	92
CUDA matière organique	94.03	95
CUDA mat.azotée régime	85.41	87
CUDA mat.azotée aliment	85.12	
Coeff.de rétention ap- parent	65.56	67
CUP	56.00	58.00

Tableau 15
Expérience de croissance

	Témoin poisson	Coton
Gain de poids g/j	5.89 ± 0.26	6.41 ± 0.73
MS ingéré g/j	16.12 ± 1.48	18.00 ± 1.32
MA ingéré g/j	2.19	2.60
CEP	2.69	2.47
IC	2.74	2.80

Coefficient apparent = CUDA MS = $\frac{\text{MS ingérée} - \text{MS fécale totale}}{\text{MS ingérée}}$
d'utilisation di-
gestive

Coefficient d'utili- = CUP = $\frac{\text{azote fixé}}{\text{azote ingéré}}$
sable pratique

Coefficient d'éf- = CEP = $\frac{\text{gain de poids vif}}{\text{matières azotées ingérées}}$
ficacité protéique

Indice de consomme- = IC = $\frac{\text{quantité d'aliment ingérée}}{\text{gain de poids vif}}$
tion

n'est que très légèrement inférieur à celui du régime témoin, et reste malgré tout élevé, de même que le coefficient de rétention azotée et le coefficient d'utilisation pratique de l'azote (tableau 14).

Appréciation de la valeur azotée protidique des aliments.

La croissance pondérale a été enregistrée sur une période de deux semaines. Le gain de poids vif des animaux du lot expérimental a été légèrement supérieur à celui du témoin mais non significativement différent (tableau 15). Cette observation est consécutive à une ingestion plus grande d'aliment.

Le coefficient d'efficacité protéique et l'indice de consommation montrent que la valeur azotée de la farine de graines de coton est inférieure à celle de la farine de hareng. Cependant l'ensemble de ces résultats semble indiquer que la farine de graine de coton est bien utilisée par l'animal, à condition d'être supplémentée par certains acides aminés.

2. ASPECT TECHNOLOGIQUE DE L'UTILISATION DE LA FARINE DE COTON SANS GOSSYPOI.

La composition de la farine de coton est très différente de celle d'une farine de céréale ; nous avons voulu déterminer la limite supérieure au delà de laquelle la quantité de farine de coton incorporée nuit à la réalisation pratique de certaines préparations en modifiant leurs propriétés physiques. Nous avons choisi les principales préparations culinaires sur lesquelles ont été pratiqués des essais d'acceptabilité.

2.1. Préparation d'une boule de sorgho ou de petit mil

Il s'agit généralement d'une pâte façonnée en forme de boule et obtenue après ébullition pendant quelques minutes d'une farine de sorgho délayée dans une faible quantité d'eau. Consommée avec différentes sauces elle constitue le plat de base de la plupart des populations du Tchad et du Nord-Cameroun.

- préparation d'une boule à 100 p. cent de farine de coton : nous avons essayé de préparer une boule exclusivement avec de la farine de coton. Malgré son habileté, la cuisinière n'est parvenue à obtenir qu'une masse très dense, assez informe, non homogène et collante de couleur rouge brique. En plus de ces caractéristiques nous avons noté une amertume très prononcée qui rend la consommation impossible.

- mélange à 60 p. cent de farine de coton et 40 p. cent de mil (poids/poids) : le mélange du coton et du mil s'avère indispensable au vu des résultats précédemment enregistrés. Bien que le mil intervienne à volume égal la préparation s'est montrée difficile voire impossible. La pâte obtenue n'était pas homogène mais constituée d'un agglomérat de particules plus petites. La présentation est encore inacceptable et l'amertume très forte.

- mélange à 50 p. cent de farine de coton et 50 p. cent de farine de mil : si l'amertume se trouve diminuée, la consistance est encore très peu comparable à celle de la boule traditionnelle, ferme mais souple et peu collante.

- mélange à 40 p. cent de farine de coton et 60 p. cent de farine de mil : le mélange est constitué par environ 1 volume de farine de coton pour 2 volumes de farine de mil. La préparation d'une boule homogène qui se tient devient possible. Elle est cependant très compacte et encore trop élastique. La couleur reste brune ce qui n'est pas favorable car l'idée d'une présence de son est liée à cette couleur.

Ses qualités organoleptiques sont médiocres. La pâte est collante dans la bouche et la déglutition est accompagnée de la perception d'une amertume, assez légère il est vrai. Nous devons préciser que la farine fine fleur utilisée dans ces essais était tamisée par les cuisinières avant emploi. Il nous paraît donc peu probable que l'amertume soit provoquée par la présence de débris de coque. Nous pensons que le taux de 40 % de farine de coton dans la boule de mil est la limite à ne pas dépasser.

2.2. Préparation d'une bouillie de petit mil.

La préparation de la bouillie se rapproche de celle de la boule exception faite de la quantité d'eau qui est plus grande et qui permet de donner à la bouillie la consistance voulue.

- bouillie à 100 p. cent de farine de coton : la confection de cette bouillie est facile. Par contre ses caractéristiques organoleptiques sont loin d'être appréciées. La couleur brune n'est pas agréable, le goût est fade. De plus au cours du refroidissement la farine de coton décante assez rapidement, laissant à la surface une eau de cuisson à l'aspect peu engageant. Pour éviter ce phénomène, il faudrait augmenter la teneur en matière sèche de la bouillie ce qui entraînerait l'apparition d'une amertume.

- bouillie à 90 p. cent de farine de coton et 10 p. cent de farine de mil (poids/poids) : l'aspect de la bouillie est satisfaisant. Elle reste bien homogène même après refroidissement. Son goût est assez fade.

- bouillie à 80 p. cent de farine de coton et 20 p. cent de mil : cette bouillie est facilement réalisable et de bon goût même si elle n'est pas ou peu sucrée.

2.3. Préparation de beignets de blé

La pâte obtenue en délayant la farine de blé dans le l'eau (ou dans du lait) est soumise à l'action des levures pendant une dizaine d'heures. Lorsqu'elle est bien gonflée on peut la jeter par petites quantités dans la friture.

L'addition de farine de coton à celle du blé ne gêne ni la préparation de la pâte ni sa cuisson, lorsqu'elle ne dépasse pas 60 p. cent du mélange (1 vol/1vol) ; mais à ce taux que nous considérons comme limite, la fermentation du mélange des deux farines se fait mal, la pâte gonfle peu et reste dense. Les beignets, compacts, n'ont pas la légèreté de ceux préparés uniquement avec du blé. Au delà de ce taux la cuisson devient difficile à conduire. La friture doit être prolongée pour que l'intérieur du beignet soit bien cuit, avec le risque de carboniser la surface .

2.4. Préparation de pâtes alimentaires locales "les lotorios"

Les "lotorios" sont des pâtes alimentaires, préparées à la maison à partir de farine de blé dur.

L'addition de farine de graines de coton ne pose pas de problème lorsque la proportion ne dépasse pas 40 à 50 p. cent du mélange en poids. Au delà la fabrication des pâtes devient impossible, les filaments obtenus se brisent très fréquemment.

2.5. Préparations de sauces

Toutes les sauces courantes de la cuisine tchadienne s'accroissent bien de l'addition de farine de graines de coton en toutes proportions.

En conclusion nous recommandons de ne pas dépasser les proportions suivantes en farine sans gossypol :

- boule de sorgho et de mil : 40 p. cent, soit 1 vol. pour 2 vol. de mil
- bouillie de mil : 80 p. cent, soit 3 vol. pour 1 vol. de mil
- beignets de blé et de mil : 60 p. cent, soit 1 vol. pour 1 vol. de blé ou de mil
- lotorios de blé : 40 p. cent, soit 1 vol. pour 2 vol. de blé
- sauces : sans limitation.

Il est entendu que ces proportions sont données sur le seul plan de la technologie ménagère sans préjuger de l'acceptabilité des préparations ainsi obtenues. Nous verrons (chapitre III) que les préférences des consommateurs vont dans la plupart des cas à des plats ayant une quantité moindre de farine de graines de coton.

Nous pouvons souligner dès à présent la modification de la couleur de la farine de coton, consécutive à l'adjonction d'eau et à sa cuisson. Le brunissement observé, même pour des taux faibles d'incorporation, aura des répercussions sur l'appréciation de certains plats au coton.

3. ACCEPTABILITE DES PREPARATIONS CULINAIRES CONTENANT DE LA FARINE SANS GOSSYPOL EN MILIEUX RURAL ET URBAIN.

Ainsi que nous l'avons déjà signalé les sources nouvelles de protéines n'ont d'intérêt que dans la mesure où les populations acceptent de les consommer. L'introduction d'un aliment nouveau exige souvent une modification des habitudes alimentaires qui peut être insurmontable et qu'il convient donc d'aborder avec prudence. Le fait que la graine de coton soit déjà connue, l'aspect familier de la farine (ressemblance avec des farines de céréales) et la consommation sous forme de plats habituels, sont autant d'atouts qu'il ne faut pas négliger. Les essais d'acceptabilité entrepris ont pour objectif la sélection des recettes culinaires qui, additionnées de farine sans gossypol, correspondent le mieux aux goûts et aux desirs des populations tchadiennes.

Au préalable, nous avons dressé un inventaire des recettes dans lesquelles on peut envisager l'introduction de farine de coton. Nous ne prétendons point avoir fait le tour complet de la cuisine tchadienne mais les préparations qui contribuent le plus, par leur large consommation, à la satisfaction des besoins énergétiques et azotés de la population ont été retenues.

Avant de commencer l'enquête nous avons déterminé pour chaque plat, en utilisant un nombre restreint d'individus, la proportion de farine sans gossypol qui donnait le meilleur résultat

La méthode d'enquête initialement prévue était celle de l'essai triangulaire qui consiste à présenter trois échantillons dont deux sont identiques, soit le témoin sans farine de coton, soit la préparation testée avec farine de coton. La reconnaissance de l'identité de deux des échantillons est le premier élément de valeur suivi par l'appréciation de certaines caractéristiques. Malheureusement certains plats préparés avec de la farine sans gossypol prennent une couleur brune plus ou moins prononcée qui rend inapplicable la méthode de l'essai triangulaire.

Finalement, c'est une méthode comparative par paire qui a été choisie. Chaque dégustateur, placé devant deux plats dont un contient de la farine sans gosypol, doit donner sa préférence, s'il en a une, puis préciser son opinion sur la couleur, le saveur et la consistance du plat en utilisant les qualificatifs de très bon, bon, assez bon, médiocre, mauvais, très mauvais. On attribue ensuite des notes allant de 1 (très mauvais) à 6 (très bon) pour l'analyse statistique ; la réponse médiane est exclue.

Au total on dispose de deux types d'information sur l'acceptabilité de chaque préparation :

- l'une concernant la répartition des individus selon que leur préférence va au plat avec ou sans farine de coton. Les résultats sont rassemblés dans les tableaux 16 a à 21a. Les différences significatives au seuil de 0,05 ont été établies par un test de Khi².
- l'autre concernant la répartition des notes obtenues pour chaque caractéristique étudiée (tableaux 16b à 21b). Les différences significatives au seuil de 0,05 ont été établies sur les moyennes des notes par un test de comparaison des moyennes (39).

L'enquête a été réalisée dans la capitale, Ndjamena, et dans les préfectures de Moundou, Bongor, Doba, Laï (v. carte). Pour des raisons de temps et de coût elle n'a pas pu être étendue à l'ensemble du territoire national ; remarquons cependant que les régions enquêtées sont parmi les plus peuplées du Tchad et que la plupart des grands groupes ethniques y sont représentés. Au total 3 531 personnes ont été interrogées dont 831 au cours de l'enquête préliminaire destinée à définir les taux d'incorporation de farine les plus satisfaisants et 2 700 au cours de l'enquête portant sur les recettes définitives (v. annexe 2). Chaque préparation a été testée sur au moins 200 personnes.

RESULTATS

Les résultats des essais d'acceptabilité sont portés pour chaque préparation dans les tableaux 16 à 22.

1. Pour les boules de mil et de sorgho la différence la plus importante se situe au niveau de la couleur, en défaveur de l'introduction de farine sans gossypol. La présence de farine de graines de coton donne à la boule une couleur brune qui est peu appréciée des populations ; ainsi de nombreux dégustateurs ont trouvé une similitude entre la boule contenant de la farine sans gossypol et une boule préparée avec du sorgho entier non décortiqué. Seuls quelques groupes ethniques bien localisés ont l'habitude de consommer le sorgho entier. La farine sans gossypol a dans l'ensemble été mieux acceptée dans la boule de sorgho que dans la boule de mil (notes moyennes supérieures). Il y a une différence significative en faveur de la boule de mil traditionnelle au niveau de l'appréciation générale et de la saveur.

En revanche on note une différence significative en faveur de la consistance de la boule de mil avec farine sans gossypol. Nous avons pu constater au cours de la confection de ce plat que la modification de consistance apportée par le coton est minime ; il semble que la différence enregistrée est beaucoup plus le fait des quantités d'eau ajoutées au mélange des deux farines. Le rôle de la cuisinière est ici important ; c'est à elle qu'incombe la détermination précise de la quantité d'eau qui donnera la consistance souhaitée. Cette remarque n'est plus valable pour des taux d'incorporation supérieurs à 20 p. cent qui donnent à la pâte une consistance élastique.

2. La bouillie de petit mil à 40 p. cent de farine de graines de coton a donné des résultats satisfaisants puisque la moitié des dégustateurs la préfère à la bouillie traditionnelle sur le plan de la saveur et l'appréciation générale ; les deux bouillies sont sucrées à 15 et 20 p. cent ; cependant quelques personnes ont trouvé cette bouillie médiocre voire mauvaise ce qui explique les notes moyennes plus basses.

Tableau 16 a

Répartition des préférences de 428 dégustateurs entre une BOULE DE PETIT MIL et une BOULE de PETIT MIL A 20 % DE FARINE DE GRAINES DE COTON

Caractéristiques	PREFERENCE						P xx
	S x		S = A x		A x		
	nbre	%	nbre	%	nbre	%	
Appréciation générale	216	50.5	49	11.5	163	38.0	$< 10^{-3}$
Couleur	311	72.5	36	8.5	81	19.0	$< 10^{-9}$
Saveur	216	50.5	44	10.3	168	39.2	< 0.02
Consistance	131	30.6	14	3.3	283	66.1	$< 10^{-9}$

Tableau 16 b

Répartition des notes attribuées par 428 dégustateurs à une BOULE de MIL et à une BOULE de PETIT MIL A 20 % DE FARINE DE GRAINES DE COTON.

		Nombres de réponses							Moyenne - écart- + type	P xxx
		très mauvais	mauvais	médiocre	assez bon	bon	très bon	somme des "bon"		
		1	2	3	4	5	6	4+5+6		
Préférence générale	S	-	1	-	-	163	264	427	5.61 _{+0.52}	$< 10^{-9}$
	A	-	40	41	55	81	211	347	4.89 _{+1.36}	10
Couleur	S	-	-	-	-	81	347	428	5.81 _{+0.39}	$< 10^{-9}$
	A	1	58	62	112	79	116	307	4.30 _{+1.37}	$< 10^{-9}$
Saveur	S	-	1	1	-	165	261	426	5.59 _{+0.53}	$< 10^{-9}$
	A	-	41	44	57	77	209	343	4.86 _{+1.45}	$< 10^{-9}$
Consistance	S	-	-	-	1	281	146	428	5.34 _{+0.48}	$< 10^{-3}$
	A	-	3	24	12	93	296	401	5.53 _{+0.85}	$< 10^{-3}$

~~x~~ Dans les tableaux 16 à 22

S = préparation traditionnelle sans farine de graines de coton

A = préparation contenant de la farine de graines de coton

~~xxx~~ Probabilité que la différence observée entre le nombre d'individus préférant la préparation A et celui préférant la préparation S soit due au hasard. On considère que la différence est significative lorsque $P \leq 0.05$

~~xxx~~ Probabilité que la différence observée entre la moyenne des notes attribuées à la préparation A et à la préparation S soit due au hasard.

Tableau 17 a

Répartition des préférences de 281 dégustateurs entre une BOULE DE SORGHO ET UNE BOULE DE SORGHO A 20 % DE FARINE DE GRAINES DE COTON.

Caractéristiques	PREFERENCE						P
	S		S = A		A		
	nbre	%	nbre	%	nbre	%	
Appréciation générale	125	44.5	38	13.5	118	42.0	0.86
Couleur	209	74.4	15	5.3	57	20.3	$< 10^{-9}$
Saveur	123	43.8	36	12.8	122	43.4	0.95
Consistance	138	49.1	27	9.6	116	41.3	0.16

Tableau 17 b

Répartition des notes attribuées par 281 dégustateurs à une BOULE DE SORGHO ET UNE BOULE DE SORGHO A 20 % DE FARINE DE GRAINES DE COTON.

Caractéristiques		Nombre de réponses							P	
		très mauvais	mauvais	médiocre	assez bon	bon	très bon	somme des "bon"		
		1	2	3	4	5	6	4+5+6		
Préférence générale	S	-	-	-	-	118	163	281	5.58 ± 0.50	$< 10^{-8}$
	A	-	15	22	29	59	156	244	5.13 ± 1.20	
Couleur	S	-	-	-	-	57	224	281	5.79 ± 0.41	$< 10^{-9}$
	A	-	11	6	23	169	72	264	5.01 ± 0.88	
Saveur	S	-	-	-	1	121	159	281	5.56 ± 0.50	$< 10^{-8}$
	A	-	18	21	34	50	158	242	5.10 ± 1.25	
Consistance	S	-	-	-	-	100	181	281	5.54 ± 0.48	$< 10^{-3}$
	A	-	2	1	1	136	141	278	5.47 ± 0.57	

Tableau 18 a

Répartition des préférences de 204 dégustateurs entre une BOUILLIE DE PETIT MIL et une BOUILLIE DE PETIT MIL à 40 % DE FARINE DE GRAINES DE COTON.

Caractéristiques	PREFERENCE						P
	S		S = A		A		
	nbre	%	nbre	%	nbre	%	
Préférence générale	78	38.2	23	11.2	103	50.5	0.07
Couleur	142	69.6	24	11.8	38	18.6	$< 10^{-9}$
Saveur	81	39.7	22	10.8	101	49.5	0.14

Tableau 18 b

Répartition des notes attribuées par 204 dégustateurs à une BOUILLIE de PETIT MIL ET A UNE BOUILLIE DE PETIT MIL A 40 % DE FARINE DE GRAINES DE COTON.

Caractéristiques	Nombre de réponses							Moyenne + écart- type	P	
	très mauvais	mauvais	médiocre	assez bon	bon	très bon	somme des "bon"			
	1	2	3	4	5	6	4+5+6			
Préférence générale	S	-	-	-	5	98	101	204	5.47±0.55	$< 10^{-4}$
	A	-	21	14	26	17	126	169	5.04±1.40	
Couleur	S	-	-	-	-	38	166	204	5.81±0.39	$< 10^{-9}$
	A	-	42	24	44	30	62	136	4.19±1.56	
Saveur	S	-	-	4	3	94	103	200	5.45±0.63	$< 10^{-4}$
	A	-	20	21	23	17	123	163	4.99±1.42	

Dans cette préparation aussi, le principal obstacle est la couleur plus foncée obtenue avec l'introduction de farine sans gossypol.

3. Comme pour la bouillie, il n'y a pas de différence significative entre le nombre d'individus préférant les beignets de blé traditionnels et celui préférant les beignets à 20 p. cent de farine de coton (tableau 19 a). Les notes obtenues sont cependant plus basses pour les beignets avec farine de coton (tableau 19 b). Un test de dégustation entre des beignets de mil et des beignets contenant de la farine de coton a montré que 52.9 p. cent des personnes interrogées préfèrent les beignets de mil traditionnels ; les résultats sont cependant très encourageants puisque le beignet n'est pas une forme très répandue de consommation de la graine de coton.

4. Dans les quatre sauces qui ont été confectionnées la farine sans gossypol a été utilisée comme source protéique de remplacement à la différence des préparations précédentes (boules, beignets, bouillie) où elle intervenait comme supplément. Pour mettre au point les recettes à la farine de coton nous avons opéré de la façon suivante : nous avons utilisé les mêmes ingrédients que ceux qui interviennent dans les sauces traditionnelles, mais nous avons remplacé la viande, le poisson, le sésame ou l'arachide par une quantité de farine de coton telle que la nouvelle sauce ainsi préparée ait au moins une teneur équivalente en protéines. Au cours des dégustations, nous n'avons pas fait porter de jugement sur la couleur et la consistance des sauces, ces deux paramètres étant tout à fait secondaires pour de telles préparations ; le goût est le facteur déterminant de la préférence générale.

Il y a une différence hautement significative en faveur de toutes les sauces à la farine sans gossypol. Selon la sauce considérée 54.4 à 69.3 p. cent des dégustateurs préfère celle qui contient de la farine sans gossypol. Les notes moyennes obtenues sont très élevées variant entre 5.59 et 5.69 sur un total idéal de 6.

Tableau 19 a

Répartition des préférences de 270 dégustateurs entre des BEIGNETS DE BLE ET DES BEIGNETS DE BLE A 20 % DE FARINE DE GRAINES DE COTON.

Caractéristiques	PREFERENCE						P
	S		S = A		A		
	nbre	%	nbre	%	nbre	%	
Appréciation générale	142	52.6	17	6.3	111	41.1	0.06
Couleur	212	78.5	5	1.9	53	19.6	$< 10^{-9}$
Saveur	141	52.2	15	5.6	114	42.2	< 0.10
Consistance	123	45.6	11	4.1	136	50.3	0.42

Tableau 19 b

Répartition des notes attribuées par 270 dégustateurs entre des BEIGNETS DE BLE ET DES BEIGNETS DE BLE A 20 % DE FARINE DE GRAINES DE COTON.

Caractéristiques		Nombre de réponses						Moyenne + - écart- type	P	
		1 très mauvais	2 mauvais	3 médicre	4 assez bon	5 bon	6 très bon			somme des "bon" 4+5+6
Préférence générale	S	-	-	-	-	111	159	270	5.6 + 0.49	$< 10^{-9}$
	A	-	28	20	30	64	128	222	4.9 + 1.34	
Couleur	S	-	-	-	-	53	217	270	5.8 + 0.40	$< 10^{-9}$
	A	-	30	4	13	165	58	236	4.8 + 1.29	
Saveur	S	-	-	-	-	114	156	270	5.58 + 0.49	$< 10^{-9}$
	A	-	34	22	30	55	129	214	4.83 + 1.42	
Consistance	S	-	-	-	-	136	134	270	5.5 + 0.50	< 0.12
	A	-	12	2	-	109	147	256	5.4 + 0.91	

Tableau 20 a

Répartition des préférences de 1 309 dégustateurs entre QUATRE SAUCES TRADITIONNELLES ET QUATRE SAUCES A BASE DE FARINE DE GRAINES DE COTON.

	Nombre dégustateurs	PREFERENCE						P
		S		A = S		A		
		nbre	%	nbre	%	nbre	%	
Sauce à la viande séchée	215	55	25.6	11	5.1	149	69.3	$< 10^{-9}$
Sauce au poisson fumé	462	121	26.2	28	6.1	313	67.7	$< 10^{-9}$
Sauce à l'arachide	426	154	36.1	40	9.4	232	54.5	$< 10^{-9}$
Sauce au sésame	206	67	32.5	27	13.1	112	54.4	$< 10^{-3}$
Ensemble des sauces	1309	397	30.3	106	8.1	806	61.6	$< 10^{-9}$

Tableau 20 b

Répartition des notes attribuées par 1 309 dégustateurs à QUATRE SAUCES TRADITIONNELLES ET QUATRE SAUCES A BASE DE FARINE DE GRAINES DE COTON.

Caractéristiques	Nombre de réponses							Moyenne + écart- type	P
	très mauvais	mauvais	médiocre	assez bon	bon	très bon	somme des "bon"		
	1	2	3	4	5	6	4+5+6		
Sauce à la viande S	-	-	-	-	151	64	215	5.3 ± 0.46	$< 10^{-8}$
Sauce A	-	1	-	20	36	158	214	5.6 ± 0.69	$< 10^{-9}$
Sauce au poisson S	-	-	1	8	304	149	461	5.30 ± 0.51	$< 10^{-9}$
Sauce A	-	2	2	11	106	341	458	5.69 ± 0.58	$< 10^{-3}$
Sauce à l'arachide S	-	-	-	2	230	194	426	5.45 ± 0.51	$< 10^{-3}$
Sauce A	-	3	1	8	142	272	422	5.59 ± 0.61	$< 10^{-2}$
Sauce au sésame S	-	-	-	-	112	94	206	5.45 ± 0.50	$< 10^{-2}$
Sauce A	-	-	1	11	55	139	205	5.61 ± 0.61	$< 10^{-2}$

Peu de personnes ont trouvé les nouvelles sauces mauvaises ou médiocres (11 personnes sur 1 309 interrogées). Ces résultats sont d'autant plus intéressants que les sauces traditionnelles présentées par comparaison sont parmi les plus riches et les plus appréciées de la cuisine tchadienne en raison de la présence de viande, de poisson et d'arachide.

5. Pour conclure ces essais d'acceptabilité nous avons voulu tester l'aliment composé prêt à l'emploi préparé par Mr. LAMBICTTE lors de son passage à Ndjamena en mars 1974. Remarquons qu'il s'agit essentiellement d'un aliment destiné à être consommé sous forme de bouillie par les enfants en bas âge. On peut cependant penser que cet aliment ne sera pas donné aux enfants si les mères de famille ne l'ont pas elles-mêmes goûté au préalable et trouvé bon.

C'est pourquoi l'essai d'acceptabilité a été conduit chez des adultes par comparaison avec une bouillie de sorgho sucrée. La recette suivie pour la préparation a été celle préconisée par Mr. LAMBICTTE. Les résultats sont assez décevants non seulement sur le plan de la couleur mais aussi sur celui de l'appréciation générale et de la saveur. Les différences sont toutes significatives en faveur de la bouillie traditionnelle. Par ailleurs les notes obtenues par la bouillie d'aliment composé sont assez basses variant entre 4,9 et 5,17. L'acceptabilité moyenne de cette préparation est probablement due à l'absence de sucre. Il conviendra à notre avis de sucrer les bouillies préparées à partir de cet aliment composé ; rappelons que la bouillie sucrée à 40 % de farine sans gossypol (taux supérieur à celui de l'aliment composé) a obtenu une acceptabilité assez satisfaisante (tableau 18).

En conclusion on peut dire que l'ensemble des plats contenant de la farine de graines de coton ont une acceptabilité assez satisfaisante puisque les notes moyennes varient entre 4 et 5,69 (assez bon à très bon). Les préparations culinaires les plus appréciées ont été les sauces contenant la farine de graines de coton ;

Tableau 21 a

Répartition des préférences de 208 dégustateurs entre une BOUILLIE DE SORGHO ET UNE BOUILLIE D'ALIMENT COMPOSE (SORGHO 59 % - FARINE SANS GOSSYPOL 30 % LAIT 10 %.)

Caractéristiques	PREFERENCE						P
	S		S = A		A		
	nbre	%	nbre	%	nbre	%	
Préférence générale	128	61.5	16	7.7	64	30.8	$< 10^{-5}$
Couleur	174	83.6	16	7.7	18	8.7	$< 10^{-5}$
Saveur	130	62.5	17	8.2	61	29.3	$< 10^{-5}$

Tableau 21 b

Répartition des notes attribuées par 208 dégustateurs entre une BOUILLIE DE SORGHO ET UNE BOUILLIE D'ALIMENT COMPOSE (SORGHO 59 % - FARINE SANS GOSSYPOL 30 % - LAIT 10 %.)

Caractéristiques		Nombre de réponses							Moyenne -écart +type	
		très mauvais	mauvais	médiocre	assez bon	bon	très bon	somme des "bon"		
		1	2	3	4	5	6	4+5+6		
Préférence générale	S	-	-	2	12	50	145	206	5.64 ₋ 0.51 ₊	$< 10^{-9}$
	A	-	3	20	38	72	75	185	4.94 ₊ 1.03 ₋	
Couleur	S	-	-	-	-	18	190	208	5.91 ₊ 0.29 ₋	$< 10^{-9}$
	A	-	1	13	28	132	34	194	4.89 ₊ 0.76 ₋	
Saveur	S	-	-	1	18	42	147	207	5.61 ₊ 0.66 ₋	$< 10^{-9}$
	A	-	-	10	20	102	76	198	5.17 ₊ 0.79 ₋	

les dégustateurs du milieu urbain ont manifesté un engouement réel pour ces sauces, les préférant à des sauces pourtant très réputées ; en milieu rural les résultats sont plus nuancés mais les sauces à la farine sans gossypol ont toujours été jugées au moins égales aux meilleures sauces traditionnelles et ceci quel que soit le groupe ethnique considéré. Il y a là un fait dont les conséquences sur le plan nutritionnel peuvent être importantes : en effet, en Afrique, le terme de sauce n'a pas le sens restreint qu'on peut lui donner dans la cuisine européenne. Il s'agit, notamment en zone de savane, d'un véritable plat qui tient tout à la fois le rôle de viande, de poisson et de légume, apportant ainsi une part essentielle des protéines, lipides et vitamines du régime. Or, à la différence du mil qui souvent en zone rurale provient de l'exploitation familiale, les composants principaux de la sauce (viande, poisson, arachide...) doivent être achetés au marché et parfois fort cher ; on comprend dès lors que la qualité de la sauce et par suite la valeur nutritive du régime soient directement liées aux disponibilités financières du moment ; d'où la notion de grandes et de petites sauces, voire même de sauces de disettes. La farine de graines de coton, à condition qu'elle soit livrée à bas prix sur les marchés, pourrait donc être d'un grand intérêt pour pallier les fluctuations des disponibilités en viande, arachide, ou poisson.

En ce qui concerne les autres préparations testées, il semble que les bouillies de mil et de farine sans gossypol peuvent être utilisées surtout par les jeunes enfants à condition qu'elles soient suffisamment sucrées. Le brunissement des mélanges de mil et de farine sans gossypol peut cependant gêner certains consommateurs ; la même remarque s'applique aux beignets. Cette réserve faite il n'y a pas de problème d'acceptabilité majeur pour les beignets et les bouillies. Les taux d'incorporation de farine de graines de coton devraient être limités dans la plupart des cas à 20-30 % pour les beignets et 40 % pour les bouillies. Ces taux peuvent cependant être augmentés selon les goûts des consommateurs dans les limites indiquées au chapitre III. 2.

Tableau 22

Résumé des essais d'acceptabilité comparée de plusieurs préparations traditionnelles effectuées avec ou sans farine de graines de coton sans gossypol.

Préparations	Caractéristiques			
	Préférence générale	Couleur	Saveur	Consistance
Boule de sorgho	S = A	S > A	S = A	S = A
Boule de mil	S > A	S > A	S > A	A > S
Bouillie de mil	S = A	S > A	S = A	non testée
Beignets de blé	S = A	S > A	S = A	S = A
Beignets de mil	S > A	non testée	non testée	non testée
Beignets de riz	S > A	non testée	non testée	non testée
Sauce à la viande	A > S	non testée	A > S	non testée
Sauce au poisson	A > S	non testée	A > S	non testée
Sauce à l'arachide	A > S	non testée	A > S	non testée
Sauce au sésame	A > S	non testée	A > S	non testée

La modification de couleur apparaît en revanche beaucoup plus gênante dans les boules de mil et de sorgho. De nombreux groupes ethniques, notamment les Foulbé et les Arabes, sont très sensibles à la pureté et à la blancheur de ces aliments ; ces facteurs constituent pour eux le premier critère de la qualité. Certaines ethnies refusent également de mélanger plusieurs farines pour préparer la boule. Nous émettons donc quelques réserves quant à l'utilisation de farine sans gossypol dans les boules de mil et de sorgho. Peut-être pourrait-elle s'envisager chez des populations consommatrices de sorgho rouge (Masse) ou de sorgho entier, les boules étant alors naturellement colorées. Remarquons que les groupes Sara et Gambaye ont relativement bien apprécié la boule de sorgho à 20 p. cent de farine sans gossypol. En tout état de cause des essais supplémentaires seraient à entreprendre.

4. ESSAIS DE TOLERANCE PHYSIOLOGIQUE ET DE CROISSANCE SUR DES ENFANTS D'AGE SCOLAIRE

La tolérance d'une bouillie de mil contenant de la farine de graines de coton sans gossypol a été observée chez de jeunes enfants pendant une période prolongée, comparativement à une bouillie de mil traditionnelle. Les effets sur la croissance des enfants ont été mesurés.

4.1. Protocole expérimental

4.1.1. Les enfants

L'essai a été réalisé au jardin d'enfants de Kabalaye à NDjamena. Deux groupes de 29 enfants de même âge, 5 à 6 ans, et de milieu social homogène ont été constitués de manière à ce qu'ils soient comparables au début de l'expérience du point de vue du poids, de la taille et de la circonférence du bras (tableau 24). Au départ les enfants, bien qu'accusant un déficit pondéral, sont tous en bonne santé ; un déparasitage systématique a été réalisé en distribuant à chacun d'entre eux deux comprimés de Mintezol dosés à 500 mg, pris à 24 h d'intervalle.

L'expérimentation s'est poursuivie pendant 26 semaines, du mois de décembre à la fin de l'année scolaire, avec deux interruptions à Noël et à Pâques ; les enfants étaient présents pendant cinq jours sur sept ; signalons également que l'ensemble du jardin d'enfants a été touché par une épidémie de varicelle qui a retenu les enfants pendant 15 à 20 jours à la maison. A la fin de l'expérience les effectifs étaient tombés à 28 et 22 enfants dans chacun des groupes par suite du changement de résidence de certains parents.

Au départ puis tous les mois nous avons mesuré pour chaque enfant, le poids, la taille, la circonférence du bras à mi-hauteur ainsi que l'épaisseur du pli cutané tricipital, à l'aide d'un compas J. BULL gradué en 0,2 mm. L'insuffisance pondérale et le défaut de croissance chez les enfants constituent les meilleurs indices d'une malnutrition protéino-calorique. La mesure de la masse corporelle est le premier élément intervenant dans l'appréciation de l'état nutritionnel. Il en est de même pour la taille qui, chez le jeune enfant, est fonction de l'état de nutrition. La circonférence calculée des muscles à mi-hauteur du bras représente un témoin assez sensible de l'état du tissu musculaire. Elle est déduite des mesures du tour de bras à mi-hauteur, lui-même en corrélation avec celui du muscle, et de l'épaisseur du pli cutané tricipital.

4.1.2. Les régimes : bouillies de mil et de farine de coton sans gossypol

Pendant toute la durée de l'expérience les enfants ont reçu chaque matin une bouillie en supplément des repas pris normalement à la maison. Pour des raisons d'éthique, 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 70 p. cent de farine de graines de coton sans gossypol.

Pour un essai de croissance le P.A.G. (40) recommande que la protéine étudiée assure la moitié de l'apport quotidien de sécurité. Le besoin journalier de ces enfants en protéines d'oeuf peut être évalué à 19,7 g. Compte tenu de l'indice chimique de la farine de coton qui est de 42 par rapport à l'oeuf, le besoin journalier exprimé en protéines de graines de coton est donc de 46,9 g. Il faudrait que la farine apporte à elle seule 23,5 g de protéines. Pratiquement, nous avons pu noter que pour y parvenir il aurait fallu :

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

C'est pourquoi nous avons adopté un moyen terme en préparant une bouillie dans laquelle la farine sans gossypol apporte 14.5 g de protéines par jour à chaque enfant (tableau 23b). Les deux bouillies sont isocaloriques et ont une teneur en matière sèche identique (18. %). Globalement les enfants des deux groupes reçoivent chaque jour une même quantité de matière sèche (environ 37 g) et de calories (environ 130 cal) (tableaux 23a et B). En revanche les enfants du groupe expérimental reçoivent 15 g de protéines, soit près du tiers de l'apport recommandé, alors que ceux du groupe témoin ne reçoivent que 2.5 g de protéines de mil. Précisons bien que ces apports viennent en supplément des repas normaux.

4.2. - Résultats.

4.2.1. Acceptabilité et tolérance

Nous avons enregistré un seul cas d'enfant du groupe expérimental qui n'a jamais consommé entièrement sa bouillie. La palatabilité de la bouillie avec la farine de graines de coton était bonne puisqu'il n'y a eu aucun refus ni aucune réticence de consommation. 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. Pendant 6 mois aucun problème d'acceptabilité et aucune intolérance ne s'est manifesté chez les enfants vis-à-vis de la farine de coton sans gossypol, ce qui constitue un fait très positif.

Tableau 23 a
Composition et apports de la bouillie de farine de mil

	Composition p. 100g Mat.sèche			Quantités consommées/jour /enfant		
	ingrédients g	Protéines g	Cal.	ingrédients g	Protéines g	Cal.
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 23 b
Composition et apports de la bouillie de farine de mil et de farine de graines de coton.

	Composition p.100g Mat.sèche			Quantités consommées/jour /enfant		
	ingrédients g	Protéines g	Cal.	ingrédients g	Protéines g	Cal
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	15.0	130

4.2.2. Croissance des enfants

L'étude de l'évolution des différents paramètres anthropométriques après 6 mois montre que le groupe expérimental ayant consommé la farine de graines de coton l'emporte, pour tous les paramètres mesurés, sur le groupe témoin ayant consommé seulement du mil (tableau 24). Cependant, seule la différence obtenue entre les gains de poids est statistiquement significative. Pour les autres paramètres on ne peut être sûr que les augmentations enregistrées chez le groupe expérimental soient dues à la consommation de farine sans gossypol.

Plusieurs explications peuvent être fournies : il faut rappeler que la farine de coton n'est pas la seule source protéique du régime puisque les bouillies interviennent en complément des repas pris à la maison ; ensuite, l'apport en protéines ne constitue que le tiers de l'apport recommandé ; enfin la durée de l'expérience est un peu courte pour mettre en évidence des différences importantes pour des paramètres tels que la taille ou la circonférence des muscles du bras. Nous considérons donc comme très probante l'augmentation significative du poids dans le groupe expérimental.

En outre l'analyse de l'évolution des déficits de poids et de taille apporte des données supplémentaires : rappelons en effet que les enfants des deux groupes, bien qu'en bonne santé, présentaient des déficits pondéraux et de stature. Le tableau 25 montre que ces déficits, surtout en ce qui concerne le poids en fonction de l'âge, ont évolué de manière plus favorable chez le groupe consommateur de farine sans gossypol : 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 % dans le groupe témoin.

Conclusion

Compte tenu de la durée et de la nature ^{de notre} expérimentation nous pouvons dire que la farine de graines de coton a été bien acceptée et bien tolérée sous forme de bouillie pendant 6 mois par de jeunes enfants de 5 à 6 ans.

Tableau 24

Evolution de différents paramètres anthropométriques chez les enfants du groupe témoin et du groupe expérimental après 6 mois de consommation de bouillies (moyenne \bar{x} écart-type).

Caractéristiques	Groupe témoin		Groupe expérimental		P $\#$
	au départ	à 6 mois	au départ	à 6 mois	
Poids kg	\bar{x} 16.48 + 1.63	\bar{x} 17.34 + 1.72	\bar{x} 16.80 + 1.70	\bar{x} 18.09 + 1.69	< 10^{-3}
Gain kg	0.86		1.29		
Taille cm	\bar{x} 109.1 + 4.9	\bar{x} 112.3 + 4.6	\bar{x} 109.9 + 5.0	\bar{x} 113.4 + 4.7	> 0.5
Gain cm	3.2		3.5		
Circonférence du bras à mi-hauteur mm	\bar{x} 152.6 + 8.0	\bar{x} 156.3 + 9.4	\bar{x} 152.0 + 8.6	\bar{x} 156.1 + 8.6	> 0.5
Gain mm	3.7		4.1		
Circonférence des muscles du bras à mi-hauteur mm	\bar{x} 127.5 + 7.9	\bar{x} 134.5 + 8.5	\bar{x} 128.9 + 8.2	\bar{x} 136.3 + 8.9	> 0.5
Gain mm	7.0		7.4		

$\#$ 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 $P \leq 0.05$.

Tableau 25

Evolution 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	%	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 - 41).

La bouillie préparée avec la farine sans gossypol s'est **montrée** plus apte que la bouillie de mil à assurer une croissance pondérale satisfaisante et cela sans trouble d'aucune sorte pour l'organisme des enfants considérés.

5. ESSAIS DE CONSOMMATION PROLONGÉE

5.1. Camp scolaire d'adolescents.

Dans le camp scolaire du village de DOUVANGAR, les enfants en régime d'internat sont habituellement groupés en équipes de sept. Chaque équipe prépare elle-même sa cuisine et reçoit chaque semaine des quantités de sorgho, riz et poisson telles que chaque enfant dispose de 2.7 kg de sorgho, 680 g de riz et 3 poissons séchés. Du lundi midi au samedi midi les repas sont préparés à partir de ces aliments et pris en commun. Il nous a semblé intéressant d'étudier la réaction de ces adolescents devant la distribution d'une nouvelle farine.

Quatre équipes de sept adolescents de 10 à 14 ans ont été prises au hasard et ont reçu chaque semaine en plus de la distribution normale d'aliments, 3,5 kg de farine de graines de coton, soit 500 g par enfant et par semaine. Après que le responsable du camp ait rapidement expliqué l'intérêt alimentaire de la farine, les enfants ont été laissés libres quant à l'emploi de cet aliment. L'expérimentation a duré cinq semaines au cours desquelles l'utilisation de la farine a été relevée quotidiennement (recettes, quantités...). Elle ne s'est pas poursuivie davantage en raison des quantités limitées de farine dont nous disposions.

Au total la farine sans gossypol a été consommée dans 78 repas. Les fréquences de consommation sont loin d'être négligeables puisque l'expérimentation s'est déroulée pendant 30 jours. Les quantités de farine consommées sont portées sur le tableau 26. La consommation la plus faible a été enregistrée au cours de la première semaine qui a été pour les enfants une période d'adaptation et de mise au point. Les quantités élevées de farine utilisées après les deuxième et troisième distributions peuvent être expliquées par la préparation de boules dans lesquelles le mélange de mil et de coton n'a jamais dépassé la proportion de 1 volume de coton pour 1 volume de mil. Vingt deux boules ont été ainsi préparées. Au cours des deux dernières périodes les enfants

Tableau 26

Consommation de farine de graines de coton sans gossypol par les adolescents du camp scolaire de DOUVANGAR (exprimée en grammes).

Equipe de 7 adolescents	1ère semaine	2ème semaine	3ème semaine	4ème semaine	5ème semaine	TOTAL	Moyenne par semaine
Equipe 1	1655	2515	3115	1110	1450	9845	1969
Equipe 2	550	2290	2315	1700	1020	7875	1575
Equipe 3	1025	2075	1830	1250	1330	7510	1502
Equipe 4	760	2700	2240	80	1300	7080	1416
TOTAL	3990	9580	9500	4140	5100	32310	6803
Moyenne par groupe	998	2395	2375	1035	1275	8078	1615

Tableau 27

Consommation moyenne de protéines apportées par la farine de graines de coton (exprimée en grammes par adolescent et par jour.)

Equipe de 7 adolescents	1ère semaine	2ème semaine	3ème semaine	4ème semaine	5ème semaine	Moyenne
Equipe 1	22.1	33.5	41.5	14.8	19.3	26.3
Equipe 2	7.3	30.5	30.9	22.7	13.6	21.0
Equipe 3	13.7	27.7	24.4	16.7	17.7	20.0
Equipe 4	10.1	36.0	29.8	1.1	17.3	18.9
Moyenne	13.3	31.9	31.7	13.8	17.0	21.5

n'ont pas repris la confection de boules, ce qui indique une certaine lassitude pour cette préparation qui ne donne pas entière satisfaction. Par contre les sauces ont été confectionnées régulièrement à partir de natron, sel, parfois de poisson sec et souvent d'herbes et de feuilles (haricot - épinard) ; cinquante huit sauces contenant de la farine sans gossypol ont été consommées. L'intérêt porté aux sauces confirme les résultats de nos essais d'acceptabilité. Toutes les sauces ont été très appréciées. Il faut souligner que les enfants de ce camp scolaire ne disposent pas d'argent personnel pour varier leur alimentation. L'absence d'huile et de sucre explique que certains plats, tels les beignets ou les bouillies, n'aient pu être préparés.

Les 3,5 kg de farine distribuée chaque semaine à chaque équipe n'ont jamais été utilisés en totalité ; les quantités d'aliments distribués par ailleurs sont en effet suffisantes pour que la faim ne soit pas le moteur principal de l'utilisation de la farine. Ajoutons enfin que sur le plan nutritionnel la farine de graines de coton a apporté en moyenne une vingtaine de grammes de protéines par jour à chaque adolescent (tableau 27).

En conclusion on peut dire que les enfants n'ont rencontré aucune difficulté pour introduire la farine de coton sans gossypol sous forme de sauces dans leur alimentation quotidienne. Le goût de la farine sans gossypol ainsi préparée semble correspondre aux désirs de la majorité puisque les sauces ont été consommées régulièrement et fréquemment jusqu'à la fin de l'expérience. En revanche la préparation de boules de sorgho à la farine sans gossypol a été assez rapidement abandonnée après une ou deux semaines d'essais.

5. 2 Centre de jeunes agriculteurs

L'essai précédent ayant été réclisé dans un camp d'adolescents, nous avons voulu le renouveler avec des adultes. Pour cela nous avons choisi le Centre de Formation de Jeunes agriculteurs de GOYANG. Les stagiaires y vivent avec leur femme et leurs enfants lorsqu'ils en ont, les couples étant relativement jeunes.

Nous avons contacté 14 familles, représentant 47 personnes, qui ont reçu chacune 2 kg de farine de graines de coton, renouvelables après épuisement. Parmi ces 14 couples, 8 avaient déjà consommé des graines de coton et la totalité avait utilisé le tourteau de coton dans l'alimentation (il s'agit d'agriculteurs Guiziga habitant à proximité de Kaélé).

L'expérimentation a duré six semaines au cours desquelles on a relevé les consommations hebdomadaires de farine glandless (recette - quantité). La farine de coton aura servi à la préparation de 438 bouillies et de 91 sauces, soit 529 plats sur une durée de 549 jours où la farine a été disponible dans les foyers. Les quantités consommées sont portées dans le tableau 28. Nous avons formé deux groupes de familles :

- le premier groupe avec les 8 familles qui ont déjà consommé graines et tourteaux "glandés"
- le second groupe avec les 6 familles qui n'ont employé que le tourteau "glandé".

Ceci afin de mettre en évidence les éventuelles différences qui pourraient se manifester entre les pratiques alimentaires des deux groupes, différences consécutives à leurs coutumes alimentaires propres. En fait la comparaison des deux ensembles de données ne fait pas apparaître de caractéristiques propres à chacun des groupes.

Les fréquences de consommation sont élevées : respectivement 94 et 100 préparations réalisées pour 100 jours de disponibilité en farine dans les groupes 1 et 2.

La bouillie représente à elle seule 83 p. cent des recettes préparées. La quantité de coton qui a été mélangée à la farine de mil n'a jamais dépassé la proportion de 1 vol. pour 1 vol. soit 60 p. cent de farine de coton en poids. La part relative des sauces n'est que de 17 p. cent. Elles ont été confectionnées à partir de feuilles, légumes, petits poissons séchés, natron et sel.

Tableau 28

Consommation de farine de graines de coton sans gossypol par
14 familles de jeunes agriculteurs du Centre de Goyang

GROUPE I (8familles)		GROUPE II (6 familles)	
Consommation de farine par jour et par famille en g.	Consommation de farine par jour et per capita en g.	Consommation de farine par jour et par famille en g.	Consommation de farine par jour et per capita en g.
95.4	31.8	139.0	69.5
110.5	36.8	86.7	17.3
172.2	86.1	141.9	35.5
91.7	30.6	113.4	37.8
100.0	25.0	86.8	14.5
105.8	35.3	103.7	34.6
91.9	30.6		
79.1	26.4		

Bouillies et sauces ont été appréciées. Par contre on remarquera qu'aucune boule n'a été faite avec la farine de coton. Nous avions déjà signalé le refus par certaines ethnies de composer des mélanges de farine.

Enfin on notera que si la farine glandless a été régulièrement utilisée, elle le fut toujours en faible quantité. 108 grammes ont été consommés, en moyenne journalière à l'intérieur de chaque famille, soit 32 g par capita, soit un apport moyen quotidien de 18 g de protéines pour chaque individu.

Alors que les adolescents de Douvanger avaient utilisé la farine glandless essentiellement sous forme de sauces, les adultes de Goyang l'ont consommée en mélange avec le mil sous forme de bouillies. Les jeunes agriculteurs, en plus des produits de leurs champs, reçoivent des aliments composés du type "CSM" (corn-milk-soya) bien adaptés à la préparation de bouillies. Il est probable que cette habitude d'utiliser les farines nouvelles sous cette forme particulière ait influencé le comportement des femmes vis-à-vis de la farine glandless. Cependant la consommation régulière enregistrée au cours des six semaines semble montrer que ce mode de préparation correspond aux goûts particuliers de cette population.

6. PROJETS DE FABRICATION D'ALIMENTS MANUFACTURES

6.1. Pâtes alimentaires

Le Bureau de Promotion Industrielle du Tchad oriente une partie de ses activités vers la mise au point d'aliments manufacturés, produits localement, dans lesquels intervient le coton. Ne disposant pas de farine parfaitement délipidée, les responsables ont entrepris les essais préliminaires avec un tourteau glandless, très gras, préalablement tamisé. Nous avons déjà signalé que les possibilités de conservation d'un tel produit sont très limitées. Les pâtes ont été fabriquées soit à la main (lotorio) soit avec une machine de petite dimension. Dans les deux cas une teneur en tourteau supérieure à 50 p. cent du poids du mélange nuit au bon déroulement de la fabrication, le pourcentage optimum se situant vers 20 p. cent.

Aucune tentative n'a pu être réalisée sur une machine industrielle, la teneur excessive en lipides du tourteau pouvant faire encourir des dommages à l'installation.

Ces essais sont encore très partiels. Ils seront beaucoup plus probants lorsqu'une farine fine fleur sera mise à la disposition du B P I T.

6.2. Biscuits

Des essais d'incorporation de la farine de graines de coton sans gossypol ont été réalisés en biscuiterie par les Boulangeries Réunies de Douala (Cameroun). La farine sans gossypol a été introduite dans un mélange de farine de blé, oeuf, sucre, lait en poudre.

Tableau 29
Composition chimique des biscuits

	Biscuit témoin		Biscuit à 9 % de farine glandless		Biscuit à 17 % de farine glandless	
	p. cent g. de matière sèche	p. cent g. de matière fraîche	p. cent g. de matière sèche	p. cent g. de matière fraîche	p. cent g. de matière sèche	p. cent g. de matière fraîche
Eau g	-	4.1	-	5.0	-	6.1
Protides g	7.7	7.4	10.8	10.3	13.9	13.0
Lipides g	5.1	4.9	5.5	5.2	4.2	3.9
Cendres g	0.8	0.8	1.4	1.3	1.7	1.6

- La présence de 9 p. cent de farine sans gossypol dans le mélange ne pose pas de problème technologique et ne modifie nullement l'apparence du biscuit, comparée à celle du témoin. Ni la couleur ni la consistance ne présentent de différences décelables. C'est la raison pour laquelle nous n'avons testé que l'appréciation générale. Nous avons relevé une différence significative en faveur du biscuit avec farine de graines de coton (tableau 30a et 30b). 61.4 p. cent des personnes interrogées les préfèrent, contre 30.7 p. cent pour le biscuit témoin.
- Le travail d'une pâte contenant 17 p. cent de farine sans gossypol devient délicat, à la limite de la machinabilité. Le biscuit obtenu est compact, il n'est plus croustillant mais dur. Sa couleur reste très peu modifiée. Les appréciations attribuées à la consistance sont très moyennes. La médiocrité de cette caractéristique constitue le facteur déterminant du peu de succès de ces biscuits. Seulement 24.9 p. cent des dégustateurs ont opté pour ceux-ci alors que 63.9 p. cent se sont prononcés pour la qualité courante.

Les possibilités d'introduction de la farine de graines de coton dans les biscuits sont donc limitées. Des essais supplémentaires effectués avec des biscuits contenant des teneurs en farine sans gossypol comprises entre 9 et 17 p. cent seraient à entreprendre, pour tenter d'améliorer les teneurs en protéines (tableau 29) qui restent modestes.

Tableau : 30 a

Répartition des préférences de 409 dégustateurs entre un BISCUIT DE TYPE "PETIT BEUR E" ET UN BISCUIT CONTENANT DE LA FARINE DE GRAINES DE COTON.

	Nbre dégustateurs	Préférence						P
		S		S = A		A		
		nbre	%	nbre	%	nbre	%	
Biscuit à 9 % de coton.....	176	54	30.7	14	7.9	108	61.4	$< 10^{-4}$
Biscuit à 17 % de coton.....	233	149	63.9	26	11.2	58	24.9	$< 10^{-9}$

Tableau : 30 b

Répartition des notes attribuées par 409 dégustateurs à un BISCUIT DE TYPE "PETIT BEUR E" ET A UN BISCUIT CONTENANT DE LA FARINE DE GRAINES DE COTON.

	Nombre de réponses							Moyenne + écart-type	P
	Très mauvais	mauvais	médiocre	assez bon	bon	très bon	total des "bon"		
	1	2	3	4	5	6	4+5+6		
<u>Préférence générale</u>									
Biscuit témoin					108	68	176	5.39±0.49	$< 10^{-8}$
Biscuit + 9% coton					54	122	176	5.69±0.46	
Biscuit témoin					58	175	233	5.75±0.44	$< 10^{-9}$
Biscuit + 17% coton		5	5	28	111	84	223	5.13±0.86	
<u>Consistance</u>									
Biscuit témoin					33	200	233	5.86±0.35	$< 10^{-9}$
Biscuit + 17% coton	1	9	39	56	60	68	184	4.58±1.20	

IV. LE TOURTEAU DE GRAINES DE COTON SANS GOSSYPOL

Au Tchad la production de tourteau de coton glandless par l'huilerie de Moundou n'est pas négligeable puisque les superficies consacrées à la culture de ces variétés atteignaient 500 hectares en 1975. Ce tourteau est actuellement très demandé par les centres d'élevage.

Nous avons pensé qu'il serait intéressant d'entreprendre des essais en alimentation humaine, d'une part parce que l'équipement nécessaire à une délipidation plus poussée des tourteaux pour la production de farine ne sera fonctionnel qu'en 1977, d'autre part parce que ce produit, s'il obéit aux normes d'hygiène alimentaire, ne nécessite qu'un simple tamisage. La faible incidence de cette opération sur le coût de revient favoriserait un prix d'achat particulièrement peu élevé.

Le produit analysé dans le tableau 31 n'est pas le tourteau brut obtenu à la sortie de l'huilerie ; il a été au préalable pilonné et tamisé de manière à éliminer la majeure partie des débris de coques et de linter ; cette opération se révèle assez fastidieuse en raison de la consistance grasse du produit ; le rendement obtenu est d'environ 70 p. cent. La teneur en lipides résiduels est assez élevée, environ 20 p. cent, mais les protéines sont encore présentes en quantités importantes, 40 à 45 p. cent.

L'indice d'acidité du tourteau s'est montré d'emblée très élevé (tableau 12), signe d'une forte contamination que l'analyse bactériologique a confirmé : on compte plus de 10 000 indologènes, 1 000 coliformes et 200 Escherichia coli par gramme d'échantillon ; la qualité bactériologique du produit est mauvaise. De surcroît le tourteau est pollué par de multiples moisissures dont un grand nombre d'Aspergillus flavus et d'Aspergillus glaucus ; cependant aucune trace d'aflatoxines n'a été décelée.

L'utilisation d'un tel produit en alimentation humaine ne paraît pas souhaitable ; tel qu'il est produit actuellement, à Moundou, le tourteau est beaucoup trop gras pour être conservé sans difficulté. L'action conjuguée de l'oxygène de l'air et des bactéries aboutit très rapidement au rancissement des matières grasses donnant au tourteau une odeur et un goût amer tout à fait désagréables. Compte tenu de toutes ces données nous avons renoncé à mener les expérimentations prévues avec le tourteau de Moundou.

Tableau 31

Composition chimique du tourteau glandless

		p. 100 g de matière sèche	p. 100 g de matière fraîche
Eau	g	-	8.7
Protides	g	44.0	40.1
Lipides	g	21.7	19.8
Glucides totaux	g	15.5	14.3
Insoluble formique	g	11.4	10.4
Cendres	g	7.4	6.7
Calcium	mg	219	200
Phosphore	mg	1409	1286
Ca/P		0.16	0.16

V. LES AMANDES DE GRAINES DE COTON SANS GOSSYPOL.

Compte tenu des quantités limitées de farine dont nous disposions, de l'absence au Tchad d'une unité de production de farine et de l'impossibilité d'expérimenter avec du tourteau (voir chapitre IV), nous avons essayé de préciser les possibilités d'utilisation des amandes en alimentation humaine.

Les amandes sont obtenues à l'huilerie de Moundou, directement après le décorticage des graines ; elles ne nécessitent, pour l'emploi, qu'un pilonnage rapide, le tamisage étant facultatif. La composition chimique des amandes est intéressante à la fois pour l'apport en protéines et pour l'apport en lipides (tableau 32). Les résultats de l'analyse bactériologique réalisée à l'IEVVT de N'Djamena sont convenables.

L'essai d'acceptabilité a été conduit en collaboration avec la station I.R.C.T. de Bebedjia ; à la demande des chercheurs de cette station les amandes ont été exclusivement distribuées à des planteurs de cotonniers glandless. Notre échantillon est ainsi fortement biaisé mais il présente deux avantages ; pour le paysan planteur de glandless, la redistribution ou la revente à bas prix d'amandes sans gossypol constitue une concrétisation de l'intérêt de cette variété et une incitation à sa culture ; pour nous, il est intéressant de mener une expérimentation sur une population déjà sensibilisée au problème du cotonnier glandless.

Les amandes mises à notre disposition par le Cotontchad ont été distribuées à 55 familles du village de Mbikou (420 personnes) à raison d'un sac de 11 kg par famille. Deux distributions successives ont eu lieu ; les quantités utilisées ont été relevées quotidiennement.

Tableau 32
Composition chimique des amandes glandless

		p.cent g de matière sèche	p.cent g de matière fraîche
Eau	g	-	4.9
Protides	g	33.6	31.9
Lipides	g	35.5	33.7
Glucides totaux	g	20.1	19.2
Insoluble formique	g	4.4	4.2
Cendres	g	6.4	6.1

Les résultats portés sur le tableau 33 montrent la rapidité avec laquelle les amandes ont été utilisées. Au bout de 16 jours toutes les familles avaient épuisé leur stock ; au bout de 4 jours environ la moitié des 605 kg distribué était déjà utilisé ; il est également frappant de constater qu'après 9 à 10 jours, plus de la moitié des familles avaient utilisé les 11 kg attribués.

L'importance de la consommation pendant les premiers jours indique que les ménagères ont trouvé d'emblée les recettes appropriées pour incorporer les amandes.

Les évolutions de l'utilisation au cours de la première et de la deuxième distribution sont tout à fait comparables : il ne semble pas y avoir eu de lassitude chez les familles concernées, au contraire l'utilisation est légèrement accélérée après la deuxième distribution.

Rapportée au nombre de personnes ayant encore des amandes à leur disposition l'utilisation quotidienne par capite varie entre 70 et 220 g . Il ne s'agit pas de la quantité d'amandes réellement consommées puisqu'à ces chiffres il faut enlever les pertes dues au pilonnage (10 à 15 p. cent), les cadeaux aux parents ou amis (10 à 15 p. cent) et la fabrication d'huile qu'il n'a pas été possible d'évaluer avec précision ; dans ce dernier cas le tourteau résiduel est de toute manière consommé. Un calcul plus précis, tenant compte des cadeaux et de la plus grosse partie des quantités utilisées pour la fabrication d'huile, indique que pour la majorité des familles la consommation alimentaire par capite et par jour varie entre 50 et 150 g (tableau 34).

Remarquons l'importance des apports en protéines et en lipides consécutifs à la consommation de telles quantités d'amandes. La dernière enquête alimentaire menée dans le Sud-Tchad (INSEE 1965 réf. 42) a montré que la part relative des calories d'origine lipidique était insuffisante puisque du 15 décembre au 15 septembre,

Tableau 33
Evolution de l'utilisation des amandes de graines glandless par les villageois de M'Bikou (55 familles).

Jours d'utilisation	Première distribution (3-3-75)				Deuxième distribution (19-3-75)			
	Quantité d'amandes restante		Nbre de familles ayant épuisé les 11kg	Amandes* utilisées g/personne	Quantité d'amandes restante		Nbre de familles ayant épuisé les 11 kg	Amandes utilisées g/personne
	en kg	en %			en kg	en %		
0	605.0	100.0	0	-	605.0	100.0	0	-
1	529.7	87.6	0	179.3	535.2	88.5	0	166.2
2	465.6	77.0	0	152.6	454.5	75.1	0	192.9
3	390.1	64.5	0	179.8	373.0	61.6	0	194.0
4	315.4	<u>52.2</u>	0	177.7	291.4	<u>48.2</u>	1	194.3
5	222.3	36.7	2	221.7	236.4	39.1	1	134.8
6	169.8	28.0	8	129.0	181.4	30.0	7	134.8
7	144.4	24.0	8	70.6	129.2	21.4	17	145.0
8	121.1	20.0	17	64.7	86.2	14.2	24	145.8
9	77.7	12.9	26	158.4	49.8	8.2	<u>31</u>	142.1
10	57.3	9.5	<u>32</u>	99.5	24.0	4.0	43	131.6
11	28.6	4.7	41	178.3	12.9	2.1	48	116.8
12	20.4	3.4	47	75.2	8.1	1.3	48	75.0
13	12.1	2.0	48	125.7	3.3	0.5	53	75.0
14	7.5	1.2	48	79.3	2.0	0.3	54	100.0
15	3.0	0.5	52	77.6	1.1	0.2	54	180.0
16	0	0	55	115.4	0	0	55	220.0

* Calculé d'après le nombre de personnes disposant encore d'amandes.

Tableau 34

Répartition des 55 familles de Mbikou selon la quantité d'amandes consommées par personne et par jour.

Limites des classes Amandes consommées g./jour/personne	Nombre de familles	
	1ère distribution	2ème distribution
0 - 50	1	3
50 - 100	25	15
100 - 150	12	19
150 - 200	11	9
200 - 250	3	2
250 - 300	2	1
300 - 350	-	4
350 - 400	1	1
400 - 450	-	1

elle ne dépasse jamais 20 p. cent (contre 25 à 35 p. cent recommandés). La forte teneur en matières grasses des amandes peut donc être un atout pour l'amélioration de l'état nutritionnel de ces populations.; Il conviendrait cependant d'étudier avec attention les implications de cette forte teneur sur la conservation du produit.

En ce qui concerne la nature des plats préparés, nous trouvons 418 sauces, 280 bouillies, 248 boules et seulement 15 beignets. La préparation des sauces est tout à fait identique à celle des sauces réalisées avec la farine glandless. Quant aux boules et bouillies, l'incorporation de 40 à 45 p. cent de farine d'amandes obtenue après pilonnage, en mélange avec 55 à 60 p. cent de farine de mil, ne pose aucun problème : on ne constate plus le brunissement observé lors de l'addition de farine glandless.

Plusieurs enseignements importants sont à tirer de cette expérimentation :

- dans un groupe de planteurs de cotonniers glandless, déjà sensibilisé, les amandes ont été immédiatement acceptées et introduites dans l'alimentation quotidienne sans difficulté d'aucune sorte, ceci à une époque où les disponibilités en mil sont encore importantes. Aucun phénomène d'intolérance ne s'est manifesté.
- la composition de l'amande et les importantes quantités consommées se traduisent par des apports en protéines et en lipides très élevés ; de plus le nombre de bouillies préparées montre que les jeunes enfants sont en grande partie bénéficiaires de cette consommation.
- Par rapport à la farine, les amandes ont un atout supplémentaire pour le paysan en raison de la possibilité de fabrication d'huile ; le tourteau résiduel est alors consommé.
- il risque cependant de se poser un problème de conservation ; en dépit du fait que les amandes conservent l'intégralité de leurs structures cellulaires et doivent donc se conserver mieux que le

tourteau, la richesse en matières grasses pourrait entraîner des altérations superficielles conduisant à une modification irréversible du goût ; il faudrait de toute façon mettre les amandes en sacs de polyéthylène soudé immédiatement après le décorticage ; des études de conservation des amandes seraient absolument nécessaires.

Compte tenu de tous ces éléments, il nous semble que dans un premier temps les amandes pourraient constituer une forme de consommation particulièrement intéressante : plus familières d'aspect pour le paysan que la farine, elles pourraient tenir un rôle de promotion pour cette dernière. Ajoutons enfin que d'après la législation tchadienne la graine de coton appartient en principe au paysan (43) ; il ne devrait donc pas y avoir d'obstacles majeurs à lui revendre l'amande à très bas prix (18 F CFA/kg d'après LAURE, réf. 43).

VI. ASPECT ECONOMIQUE : VENTE D'AMANDES ET DE FARINE GLANDLESS.

Ainsi que nous l'avons vu dans les chapitres III.3 et V la farine de graines de coton de même que les amandes décortiquées peuvent être facilement incorporées dans certaines préparations traditionnelles. Cependant, ni les résultats les plus encourageants observés lors des tests d'acceptabilité sensorielle, ni le succès obtenu par la distribution d'amandes ne permettent de préjuger de l'acceptabilité économique de ces produits. - Les populations sont-elles disposées à dépenser de l'argent pour les acquérir ?

Pour répondre à cette question nous avons effectué, avec l'aide de la station I.R.C.T. de Bobedjia, des ventes régulières d'amandes et de farine de coton glandless à Bebejia, M'Bikou et Komé. Bobedjia vit essentiellement de la culture du coton (variétés glanded) de même que M'Bikou et Komé, peuplés par 778 et 349 familles de planteurs de coton de variétés glandless. Dans ces deux derniers villages se sont déroulés des tests d'acceptabilité et à M'Bikou a eu lieu la distribution d'amandes. La vente s'adressait donc, sauf à Bebejia, à des individus parfaitement informés, certains ayant consommé des amandes quelques semaines auparavant.

Pour réaliser ces marchés nous ne disposions que de 45 kg de farine glandless. Par contre le stock d'amandes était illimité. 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. Nous souhaitions ainsi observer l'effet de la montée des prix sur les quantités vendues au cours de la période de soudure (juillet-août-septembre). Nous n'avons appris que tardivement la récente stabilisation du prix du mil et du sorgho ; aussi nous n'assisterons pas à l'habituelle montée des cours. A la rédaction de ce document amandes et farine avaient donc été commercialisées au tarif unique de 25 F. CFA 10 kg (0.50 F.F.).

Ce prix de vente correspond aux indications données par LAURE en ce qui concerne la farine (25 F. CFA/kg) et dépasse celui préconisé pour les amandes (18 F) (43).

Au vu des tableaux récapitulatifs des ventes, on remarque que les quantités d'amandes achetées atteignent dès les premiers sondages un plateau maximum sans qu'une période d'adaptation puisse être décelée. On observe également ce phénomène à Bebedjia où la population était beaucoup moins informée et où amandes et farine de graines de coton étaient très peu connues. Il est probable que le retentissement des essais menés à 20 km de là constitue une explication du volume des achats. Au cours des premières semaines le marché de Bebedjia est de l'ordre de 450 kg hebdomadaires; ce chiffre n'évolue pas alors que l'amplitude des achats individuels passe de 2 à 12 kg après 4 semaines de ventes (tableau 35).

A M'Bikou la quasi totalité des ventes a dû être arrêtée par suite de l'épuisement du stock. On ne pourra donc pas évaluer l'importance des ventes hebdomadaires. La commercialisation de 200 kg peut être considérée comme la demande minimale. On pourra s'étonner des faibles quantités vendues à Komé (30 kg) dont la population est deux fois moins importante de celle de M'Bikou. Nous devons préciser que son marché est de très petite taille alors que celui de M'Bikou rassemble tous les villages du canton. Il est donc probable que certaines ménagères de Komé se procurent l'amande au chef-lieu du canton, distant à peine de trois kilomètres (tableaux 36 et 37).

Enfin on pourra noter qu'au cours des quatre derniers marchés de Bebedjia et M'Bikou, nos ventes chutent brutalement. Ce phénomène peut être expliqué par :

- l'apparition sur les marchés des premières arachides et de nombreux légumes
- une baisse des qualités organoleptiques des amandes qui confirme les réserves précédemment émises sur la conservation; décortiquées depuis plusieurs mois, un rancissement superficiel des graisses est probablement responsable des irritations de l'arrière gorge signalées par quelques acheteurs.

Tableau 35
Marché de Bebedjia

Date	Durée de la vente	Nombre d'acheteurs	Quantités vendues (Amplitude des achats d'achats par client)	Prix de vente F.CFA/kg
6/7	3 H 30	184	202 (1-2)	25
10/7	4 H 15	191	207 (1-2)	25
13/7	5 H 45	155	178 (1-2)	25
17/7	3 H	158	211 (1-4)	25
20/7	5 H 30	160	235 (1-5)	25
24/7	4 H 15	140	230 (1-13)	25
27/7	5 H	156	212 (1-12)	25
31/7	3 H 30	65	116 (1-4)	25
3/8	5 H	59	145 (1-20)	25
7/8	5 H 30	91	169 (1-4)	25
10/8	4 H	40	72 (1-3)	25
14/8	5 H	48	85 (1-7)	25
17/8			11	25
24/8			5	20
31/8			0	20
T O T A L			2078	

Ventes hors marché

1 x 50 kg

1 x 60 kg

1 x 60 kg

Tableau 36
Marché de M^e Bikou

Date	Durée de la vente	Nombre d'acheteurs	Quantités vendues (Amplitude des Achats par client)		Prix de vente F.CFA/kg
			Amande	Farine	
4/5	3 H 30	75	88 (1-4)	7 (1-2)	25
16/5	4 H *	51	65 * (1-2)	-	25
18/5	2 H 15 *	41	71 * (1-4)	-	25
25/5	4 H 15 *	65	159 * (1-8)	-	25
1/6	2 H 15 *	66	167 * (1-10)	-	25
8/6	3 H *	69	126 * (1-6)	-	25
15/6	3 H 30 *	38	63 * (1-10)	26 * (1-3)	25
22/6	3 H 30 *	46	123 * (1-10)	-	25
29/6	5 H 45 *	74	184 * (1-8)	-	25
6/7	3 H *	44	124 * (1-8)	-	25
13/7	5 H 20 *	90	235 * (1-8)	-	25
20/7	4 H *	67	174 * (1-10)	-	25
3/8	4 H	127	155 (1-4)	-	25
10/8	4 H 30	83	166 (1-4)	-	25
15/8	2 H 30	17	55 (1-4)	-	25
17/8	2 H 30	10	25 (1-4)	-	25
24/8	-	0	0	-	20
31/8	-	-	77	-	20
TOTAL			2.058	33	

* Arrêt de la vente à la suite de l'épuisement du stock.

Tableau 37
Marché de Komé

Date	Durée de la vente	Nombre d'acheteurs	Quantités vendues (Amplitude des achats) par client		Prix de vente F. CFA/kg
			Amande	Farine	
30/4	2 H 30	34	34 (1)	-	30
7/5	4 H 45	21	23 (1-2)	2 (1)	25
14/5	3 H 30	22	22 * (1)	-	25
21/5	3 H	19	34 * (1-2)	-	25
28/5	5 H 15	21	22 (1-2)	-	25
4/6	4 H 15	20	27 (1-2)	-	25
11/6	1 H 30	13	15 * (1-2)	-	25
18/6	4 H 45	23	36 (1-2)	-	25
25/6	2 H	19	29 * (1-4)	10 (1-3)	25
2/7	2 H	18	25 (1-4)	-	25
9/7	1 H 30	18	30 * (1-2)	-	25
16/7	2 H	23	36 (1-2)	-	25
23/7	1 H	12	13 (1-2)	-	25
TOTAL			346	12	

Nous ne manquerons pas d'insister sur le soin qui doit être apporté au conditionnement des produits alimentaires. Aussi avons nous décidé de suspendre la vente des amandes.

Si la vente des amandes a été satisfaisante, celle de farine peut paraître décevante. En fait, la quantité limitée dont nous disposions ne permet absolument pas de tirer des conclusions. Nous pouvons seulement relever deux observations : lorsque les consommateurs ont le choix entre l'amande et la farine ils semblent préférer l'amande. Mais quand il n'y a pas ou peu d'amandes disponibles (marché du 15.6 à M'Bikou) la farine est achetée. Il est regrettable que nous n'ayons pu réaliser des ventes exclusives de farine afin d'en suivre l'évolution. Il serait intéressant de mettre en place des essais de ce type.

Au cours de ce sondage nous n'avons pu relever l'identité de chaque acheteur afin de suivre le devenir des produits achetés. Cependant nous savons, pour avoir interrogé plusieurs femmes, que les amandes ont été utilisées dans la préparation de mets tels qu'ils avaient été confectionnés après la distribution d'amandes. La volonté manifeste de se procurer ce produit pour la consommation alimentaire constitue une preuve de son acceptation par la population concernée.

VII. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

- La composition chimique de la farine qui a été mise à notre disposition respecte dans l'ensemble les normes fixées par "le groupe conseil des Nations Unies pour les protéines". Il faudra cependant apporter des soins particuliers au cours du processus de fabrication pour tenter d'augmenter la teneur en lysine disponible. Il conviendra surtout d'améliorer la qualité bactériologique de la farine, au besoin par une stérilisation en fin de fabrication ; nous recommandons également l'adoption d'un emballage hermétique adapté aux conditions de stockage en milieu tropical.
- La farine de graines de coton sans gossypol semble pouvoir être introduite très facilement dans la cuisine des zones de savane en général et du Tchad en particulier. Deux voies d'utilisation peuvent être envisagées :
 - . sous forme de mélange avec les céréales (mil et sorgho) dans les bouillies, beignets et éventuellement les boules ; dans ce cas des taux de 40 à 50 p. cent maximum sont souhaitables.
 - . sous forme de constituant principal dans toutes les sauces accompagnant les céréales.

Les tests d'acceptabilité et les essais de consommation prolongée menés chez des adolescents et des familles de paysans ont montré que les sauces sont les préparations les plus appréciées et les plus souvent cuisinées.

Les bouillies de mil enrichies à la farine de coton peuvent constituer des aliments susceptibles d'améliorer la croissance et le développement des jeunes enfants.

Au niveau industriel l'introduction de farine de coton dans les biscuits paraît moins intéressante ; les taux d'incorporation imposés par les procédés de fabrication sont trop faibles pour que l'enrichissement en protéines soit notable.

- Le tourteau de graines glandless actuellement produit dans les installations de la Cotontchad ne peut pas être utilisé en alimentation humaine ; il est trop riche en coques et en lipides ; sa qualité bactériologique est mauvaise ; l'ensemble de ces facteurs confèrent au tourteau une amertume inacceptable.
- L'utilisation des amandes glandless dans la cuisine tchadienne ne pose aucun problème, la consommation d'amandes a connu un grand succès auprès de familles de planteurs de cotonniers glandless qui étaient déjà sensibilisées.
- L'excellente acceptabilité de la farine et des amandes glandless a été confirmée par les ventes effectuées dans la région de culture de cotonnier glandless ; pendant 12 semaines 4,5 tonnes d'amandes ont été vendues sur 3 marchés différents à un prix voisin de celui du mil, soit 25 F.CFA/kg ; on ne peut que regretter de n'avoir pas eu suffisamment de farine à mettre en vente. Il semble toutefois que les consommateurs préfèrent les amandes à la farine quand ces deux produits sont mis en concurrence ; malgré tout, lorsque les amandes sont venues à manquer les quelques kilos de farine disponibles ont été rapidement vendus.

Quelles sont les perspectives au Tchad pour les prochaines années ?

Le 6 juin 1975 à N'Djamena s'est tenue une réunion rassemblant des responsables du Ministère du Plan, de l'I R C T , de la Cotontchad, du Bureau de Promotion Industrielle du Tchad (B P I T) et nous-même. Cette réunion avait pour objet d'examiner les problèmes posés par l'utilisation en alimentation humaine de la farine et des amandes de coton sans gossypol.

En ce qui concerne la farine, il faudra attendre la mise en service de la nouvelle huilerie de Moundou qui produira une farine analogue à celle que nous avons expérimentée cette année. Il convient cependant de déterminer dès à présent le marché potentiel de la farine afin de préciser les surfaces à ensemercer pour les prochaines années. Le B P I T essaiera d'obtenir cette année une farine

délipidée dans une huilerie nigérienne à partir des graines tchadiennes. Il faut également envisager la création des circuits de distribution qui permettront à l'avenir d'acheminer la farine de l'huilerie aux consommateurs.

En ce qui concerne les amandes, et compte tenu des bons résultats que nous avons obtenus, il est permis d'envisager leur commercialisation au niveau des villages dès l'an prochain. Le B P I T étudie actuellement la mise en place d'un canal de distribution et la possibilité d'installer une petite unité de décorticage au niveau de **chaque** village d'importance moyenne : il est probable en effet que l'huilerie ne pourra pas assurer le décorticage de toutes les graines destinées à la consommation. Ce projet de commercialisation des amandes nous paraît intéressant à double titre :

- l'amande va entrer dans l'alimentation quotidienne des paysans ; l'objectif visé par l'I R C T avec l'opération glandless sera donc atteint ;
- la consommation de l'amande, produit alimentaire connu par certains, va précéder pendant au moins un an celle de la farine, produit inconnu de la plupart ; l'amande aura donc un rôle de promotion à tenir et pourra favoriser l'évolution des habitudes alimentaires. Lorsque la farine sera disponible nous souhaitons vivement, pour notre part, qu'elle soit directement commercialisée sur les marchés après une campagne d'information et de sensibilisation et sans passer par un stade intermédiaire de fabrication d'un aliment composé dont le prix de revient sera plus élevé.

Nous n'insisterons pas davantage sur les aspects économiques qui ont été largement développés ailleurs (43) ; mais il nous semble que c'est un choix fondamental, pour les pays producteurs de coton glandless dans lesquels sévit une malnutrition même modérée, de décider si les dérivés de la graine de coton doivent être consommés sur place par les hommes ou livrés à l'exportation pour l'alimentation du bétail étranger. Nous espérons que ce travail aura contribué à éclairer ce choix.

Nous remercions :

- Mr. le Directeur de l'école de Kabelaye
- MM. les responsables du camp scolaire de Douvengar et du Centre de Formation des Jeunes Agriculteurs de Goyang qui nous ont permis de réaliser nos essais de consommation .
- MM. les Chercheurs de la Station I R C T de Bebedjia et Mr. RADOT, de la Coton-Tchad, auprès desquels nous avons trouvé une aide précieuse.
- Mme KARLIN, de l'Institut Pasteur de Lyon, qui a bien voulu assurer le dosage des vitamines de la farine glandless.

VIII. A N N E X E S

1. TECHNIQUES ANALYTIQUES

Eau : dessiccation à l'étuve à 104-107° C jusqu'à masse constante

Matières azotées

- Azote total : dosage selon la méthode de Kjeldahl après minéralisation sulfurique en présence de catalyseur au sélénium. Coefficient de conversion de l'azote en protides : 6,25
- Acides aminés : séparation sur colonne de gel Sephadex et lecture colorimétrique après réaction à la ninhydrine par auto-analyseur Technicon:
 - les acides aminés soufrés sont dosés après oxydation performique et hydrolyse, valine et isoleucine après hydrolyse chlorhydrique de 48 heures
 - le tryptophane est obtenu après hydrolyse par la baryte et séparation sur un gel de Sephadex
 - tous les autres acides aminés sont dosés après hydrolyse chlorhydrique de 24 heures
- Lys. disponible : technique de Baliga, Bayliss, Lyman (44)

Matières grasses

- Lipides totaux : les lipides totaux sont extraits par l'éther de pétrole au soxhlet sans hydrolyse préalable
- Acides gras : détermination quantitative par chromatographie en phase gazeuse (four Girdell 75-FS-2) après transméthylation des acides gras (45) et extraction des esters méthyliques par le pentane
- Indice d'acidité : extraction des lipides par l'éther de pétrole et titrage de l'acidité par la potasse (46)

Indigestible glucidique : technique de Guillemet et Jacquot à l'acide formique (47).

Matières minérales : incinération au four à moufle pendant 8 heures
à 550° C

- Calcium, potassium, sodium : dosage par photométrie de flamme sur
une solution nitro-chlorhydrique des cendres
- Phosphore : dosage colorimétrique du phospho-vanado-molybdate
d'ammonium sur la solution nitro-chlorhydrique des
cendres (technique de Misson)
- Fer : : réduction du fer ferrique en fer ferreux par l'hydro-
quinone et formation d'un complexe orangé avec
l'orthophénanthroline
- Cendres insolubles dans l'acide chlorhydrique : méthode citée
dans "Recueil de méthodes d'analyse des aliments
des animaux" (48)

Glucides totaux : différence entre l'extrait sec et la somme protéi-
des + lipides + cendres

Vitamines : dosages microbiologiques réalisés par le Service
des Vitamines de l'Institut Pasteur de Lyon

Gossypol : dosages effectués par l'I R C T Nogent sur Marne.

2. RECETTES ET COMPOSITION DES PREPARATIONS
TESTEES AU COURS DES ESSAIS D'ACCEPTABILITE.

Boule de sorgho

	Farine de Sorgho	Farine de Coton	Teneur en MS	Teneur en protides	
				p.cent MS	p.cent MB
Boule traditionnelle	100 %	-	36.10	8.94	3.23
Boule de sorgho + coton	80 %	20	35.30	17.73	6.27

Boule de mil

	Farine de mil	Farine de coton	Teneur en MS	Teneur en protides	
				p.cent MS	p.cent MB
Boule traditionnelle	100	-	31.22	7.64	2.39
Boule de mil + coton	80	20	36.10	16.77	6.05

Beignets de blé

	Farine de blé	Farine de coton	Sucre	Levure	Teneur en MS	Teneur en protides	
						p.cent MS	p.cent MB
Beignets traditionnels	91.7	-	7.0	1.3	75.10	8.66	6.50
Beignets de blé + coton	69.1	20	9.9	1.0	63.80	16.97	10.83

Bouillie de mil

	Farine de mil	Farine de coton	Sucre	Teneur en MS	Teneur en p. cent	Protides p. cent MB
Bouillie traditionnelle	85.0	-	15.0	16.50	6.69	1.11
Bouillie de mil + coton	40.0	40.0	20.0	18.60	25.47	4.74

Aliment composé

	Bouillie traditionnelle	Aliment composé
Farine de sorgho	85.0	59.0
Farine de coton	-	30.0
Lait écrémé en poudre	-	10.0
Sucre	15.0	-
Mélange Minéral + Vit.	-	0.5
CaCO ₃	-	0.5

Sauce à la viande séchée

Ingrédients (g)	Sauce traditionnelle	Sauce à la viande + Farine de coton
Viande séchée	85	-
Farine de coton	-	100
Piment en poudre	20	20
Tomate en poudre	20	20
Gombo (fruit sec)	40	40
Oignon	50	50
Huile	90	90
Sel	2 à 5	2 à 5
Teneur en MS	33.50	27.55
p. cent MS	27.55	35.06
Teneur en protides		
p. cent MB	9.23	9.66

Sauce au poisson fumé

Ingrédients (g)	Sauce traditionnelle	Sauce au poisson + Farine de coton
Poisson fumé	100	-
Farine de coton	-	130
Gombo (feuilles fraîches)	125	-
Tomate en poudre	-	20
Piment en poudre	20	20
Oignon	130	130
Huile	90	90
Sel	2 à 5	2 à 5
Teneur en MS	24.85	24.85
p. cent MS	34.70	33.10
Teneur en protides		
p. cent MB	8.62	8.23

Sauce à l'arachide et à l'oseille de Guinée

Ingrédients (g)	Sauce traditionnelle	Sauce à l'oseille + Farine de coton
Arachides	130	-
Farine de coton	-	140
Feuilles d'oseille	120	120
Piment en poudre	20	20
Tomate en poudre	-	20
Oignon	110	110
Huile	90	90
Sel	2 à 5	2 à 5
Teneur en MS	38.35	27.90
p.cent MS	15.82	31.29
Teneur en protides		
p.cent MB	6.07	8.73

Sauce au sésame et à la viande séchée

Ingrédients (g)	Sauce traditionnelle	Sauce à la farine de coton
Viande séchée	90	-
Sésame	160	-
Coton	-	140
Piment en poudre	20	20
Tomate en poudre	-	20
Huile	90	90
Oignon	150	150
Sel	2 à 5	2 à 5
Teneur en MS	34.40	25.25
p.cent MS	20.52	31.19
Teneur en protides		
p.cent MB	7.06	7.88

IX. REFERENCES

1. TACHER 1971
Valeur alimentaire pour les poussins et les poulets de chair du tourteau de coton sans gossypol.
I E M V T, Fort-Lamy, 85 p.
2. SMITH F.H., CLAWSON A.J. 1970
The effects of dietary gossypol on animals .
J. Am. Cil Chem. Soc. 47, 443-447.
3. CLAWSON A.J., SMITH F.H., OSBORNE J.C., BARRICK E.R. 1961
Effect of protein source, autoclaving, lysine supplementation on gossypol toxicity .
J. Ani. Sci. 20, 547-552.
4. KORNEGAY E.T., CLAWSON A.J., SMITH F.H., BARRICK E.R. 1961
Influence of protein source on toxicity of gossypol in swine rations.
J. Ani. Sci. 20, 597-602.
5. HALE F., LYMAN C.M. 1957
Effect of protein level in the ration on gossypol tolerance in growing-fattening pigs .
J. Ani. Sci. 16, 364-369.
6. JARQUIN R., BRESSANI R., ELIAS L.G., BRAHAM J.E. 1966
Effect of cooking and calcium and iron supplementation on gossypol toxicity in swine.
J. Agr. Food. Chem. 14: 3 275-279.
7. SMITH F.H., CLAWSON A.J. 1965
Effect of diet on accumulation of gossypol in the organs of swine .
J. Nutr. 87, 317-321.
8. DANKE R.J., TILLMAN A.D. 1965
Effect of free gossypol and supplemental dietary iron on blood constituents of rats.
J. Nutr. 87, 493-498.

9. AMBROSE A.M., ROBBINS D.J. 1951
Studies on the chronic oral toxicity of cottonseed meal and cottonseed pigment glands.
J. Nutr. 43, 357-370.
10. REISER R., FU H.C. 1962
The mechanism of gossypol detoxification by ruminants animals.
J. Nutr. 76, 215-218.
11. SHARMA M.P., SMITH F.H., CLAWSON A.J. 1966
Effects of levels of protein and gossypol and length of feeding period on the accumulation of gossypol in tissues of swine.
J. Nutr. 88, 434-438.
12. BRESSANI R., SCRIMSHAW N.S. 1963
The problem of toxicity of cottonseed flour A. Gossypol.
Nutrition document R.4/Add. 8 A Geneve .
13. BRESSANI R. 1965
The use of cottonseed protein in human foods.
Foods Techn. 19, 1 655 - 1 662.
14. VIX 1968
High protein flour products from glandless and glanded cottonseed
Oil Mill Gazetteer, 72, 12 53-56.
15. F A O 1971
Technology of the production of cottonseed flour for use in human foods. Agricultural service bulletin n° 7 Rome .
16. BRESSANI R. 1968
Changes in the protein of cottonseed meal during processing.
Arch. Latinoamer. Nutrition 18, 319-339.
17. BRESSANI R., ELIAS L.G., AGUIRRE A., SCRIMSHAW N.S. 1961
All-vegetable protein mixtures for human feeding .
III. The development of Incap vegetable mixture nine .
J. Nutr. 74, 201-208.
18. BRESSANI R., ELIAS L.G., JARQUIN R., BRAHAM J.E. 1964
All-vegetable protein mixtures for human feeding.
XIII. Effect of cooking mixtures containing cottonseed flour on free gossypol content.
Food Techn. 1599-1603.

19. BALLARIN 1970
Marketing of protein foods in Latin America.
PAG document 22/4 Rome.
20. SHAW R.L. 1970
The acceptability of Incaparina.
PAG bulletin n° 9 16-17.
21. FRENK S. 1961
Biological value of some new sources of protein in Mexican
malnourished children
in : meeting protein needs of infants and children.
Natl. Acad. Sci. - Natl. Res. Council
Publ. 843 Washington, D.C., 21-33.
22. GRAHAM G.G., MORALES E., ACEVEDO G. 1969.
Dietary protein quality in infants and children
II. Metabolic studies with cottonseed flour.
Amer. J. Clin. Nutr. 22, 5, 577-587.
23. LAWHON J.T., ROONEY L.W., CATER C.M., MATTIL K.F. 1972
Evaluation of a protein concentrate produced from glandless
cottonseed flour by a wet-extraction process.
J. Food. Sci. 37, 5, 778-782.
24. ZIEMBA J.V. 1973
First cottonseed protein plant now on-stream.
Food Engineering 45, 11 124-145.
25. MICHAEL 1959
Hopi cotton, a source of cottonseed free from gossypol pigments.
Agron. J. 51, 630
26. KRISHNAMOORTHY V. 1965
Cottonseed protein from degossypolised and glandless seed.
Food Techn. 1085-1090.
27. BUI XUAN NHUAN 1971
L'utilisation de la farine de coton en alimentation humaine.
Oléagineux 11, 713-715.
28. ROUX J.B. 1973
Le cotonnier glandless, source potentielle importante de protéines
pour les pays en voie de développement.
Semaine d'études des problèmes intertropicaux 11-15 sept. 1972.
Faculté des Sciences Agronomiques de l'Etat. Gembloux Belgique.

29. MARTIN M. 1973
Monographie d'un champ de productivité-Mékepti 1972-1973.
I R C T.
30. MARTIN M. 1974
Rapport sur l'opération glandless 1973-1974.
I R C T Bebedjia.
31. FOURNIER J., ROUX J.B. 1972
Etat actuel de la sélection de variétés de cotonniers à grains
sans gossypol au Tchad.
Coton et Fibres Tropicales 27, 2 251-257.
32. LANCEREAUX 1974
Rapport de synthèse I R C T Maroua.
33. HELLEGOUARCH R., MONJOUR L., GIORGI R., TOURY J. 1967
Etude d'aliments de supplément riches en protéines.
Ann. Nutr. Alim. 21, 5. 217-232.
34. LAURE J. 1973
Rapport sur l'acceptabilité du coton sans gossypol.
I R C T - Secrétariat d'état aux affaires étrangères.
35. F A O 1970
Amino-acid content of food and biological data on proteins.
F A O Rome.
36. PROTEIN ADVISORY GROUP 1972
PAG guideline for preparation of edible cottonseed protein con-
centrate.
PAG Guideline n° 4, 29 march 1972.
37. O M S 1974
Manuel sur les besoins nutritionnels de l'homme.
Série de monographies n° 61 O M S Genève.
38. MOREAU C. 1974
Communication personnelle.
39. SCHWARTZ D. 1972
Méthodes statistiques à l'usage des médecins et des biologistes.
Flammarion 1972, 318 p.

40. PROTEIN ADVISORY GROUP. 1972
PAG guideline on protein-rich mixtures for use as supplementary foods.
PAG guideline n° 8.
41. STUART H.C., STEVENSON S.S. 1959
Physical growth and development.
Nelson W. ed. Textbook of Pediatrics 7th ed.
Philadelphia, Saunders.
42. Enquête socio-économique au Tchad de 1965.
SEAE - INSEE Cooperation, PARIS 1969.
43. LAURE J. 1974
Bilan de l'opération coton sans gossypol.
Ministère de la Coopération, PARIS.
44. BALIGA B.P., BAYLISS M.E., LYMAN C.M. 1959
Détermination of free lysine ϵ -amino groups in cottonseed meals
and preliminary studies on relation to protein quality.
Arch. Biochem. Biophys. 84, 1-6.
45. STOFFEL W., AHRENS E.H. 1959
Chem. 31, 2. 307.
46. FOUILLOUZE G. 1951
Chimie qualitative et quantitative appliquée.
47. GUILLEMET R., JACQUOT R. 1943
C.R. Ac. Sc. 216, 508.
48. ANONYME 1968
Recueil des méthodes d'analyse des éléments des animaux.
vol. 1 Fed. Nat. Syndicats des Industries de l'Alimentation
Animale. PARIS.