

PRODUCTION ET CARACTÉRISTIQUES NUTRITIONNELLES DE LA "MOUTARDE" ARTISANALE AFRICAINE.

Courdjo LAMBONI^(1*); Kodzo MONKPOH⁽²⁾; Souandame KONLANI⁽³⁾;
Kou'santa AMOUZOU⁽¹⁾; Ananivi DOH⁽¹⁾.

(1) Adresse à laquelle toute correspondance doit être envoyée à l'Université du Bénin, Faculté des Sciences, Département de Biochimie-Nutrition, B.P. 1515, Lomé-Togo*

(1) Université du Bénin, Faculté des Sciences, Département de Biochimie-Nutrition, B.P. 1515, Lomé-Togo

(2) Université du Bénin, Ecole Supérieure d'Agronomie, B.P. 1515, Lomé-Togo.

(3) Université du Bénin, Ecole Supérieure des Techniques de Biologie Appliquée, B.P. 1515, Lomé-Togo.

(Reçu le 07 juin 1998 - Révisé le 30 janvier 1999)

Summary : Biochemical characteristics and the manufacture's process of african «mustard» known as «Tonou» in the northern region of Togo and «Afitu» in the southern region inhabited by Moba and Ewe tribes respectively, have been carried out.

The African "mustard" made in our laboratories shows that there is a difference between the one made with mixture of peanut, african locust bean seeds (*Parkia biglobosa*) and soybean called **Mnas** and mixture of peanut and african locust bean seeds called **Mna**. The major difference is that in making these kinds of «mustard», one needs less energy in the former than in the latter.

From the biochemistry analyses, **Mnas** and **Mna** contain 38.51 and 35.40% of proteins respectively. There is also an important amount of essential fatty acids: linoleic acid represents about 40.30% of the content of **Mnas's** fatty acids and the other one contains only 26.50%.

In addition to the content of proteins and lipids, the african "mustard" can supply to the people an important level of minerals like iron, manganese, magnesium and zinc.

In West africa, this "mustard" which is an important fermented ingredient replaces meat in lower income families and has a good nutritional quality. In fact, **Mnas** contains more proteins than **Mna**. Promoting the manufacture of **Mnas** will certainly improve the nutritional status of people in West and Central Africa.

Key Words : African "Mustard", African locust bean, Peanut, Soybean, Free fatty acids, Proteins, Minerals.

INTRODUCTION

En Afrique de l'Ouest, la "moutarde" (Afiti en Ewé ou Tonou en Moba au Togo ; ou encore Soumbala en Bambara) est largement utilisée en milieu rural surtout comme condiment pour relever le goût des sauces. Elle est également consommée en Afrique Centrale. Depuis la crise économique des débuts de 1980 suivie de la dévaluation du Franc CFA, la consommation de la "moutarde" gagne peu à peu les milieux urbains. Mais ce produit obtenu artisanalement par fermentation des graines de néré (*Parkia biglobosa*) associées aux cacahuètes (*Arachis hypogea*) présente un arôme caractéristique qui limite toujours sa consommation à certaines populations. En plus de cet arôme, la méconnaissance de sa valeur nutritionnelle pousse certaines populations urbaines à consommer plutôt les cubes industriels importés. Néanmoins, ces mêmes populations consomment cette "moutarde" africaine à des fins thérapeutiques.

Nous pensons qu'une étude sur les processus de fabrication et sur la valeur nutritionnelle de la "moutarde" africaine permettra sans nulle doute de promouvoir ce produit dont la matière première est facilement accessible.

Dans cette étude, la "moutarde" africaine a été complétée de farine de soja (*Glycine max*), une légumineuse dont les caractéristiques nutritionnelles sont de nos jours indiscutables. En effet, les protéines du soja selon Weingartner[1] sont bien équilibrées en acides aminés dont la répartition est très voisine des normes établies par la FAO[2]. La teneur en acides aminés essentiels des protéines du soja est comparable à celle de l'œuf de poule habituellement utilisé comme référence pour ses qualités nutritives par le groupe FAO-OMS. Le soja néanmoins est déficient en acides aminés soufrés, lacune pouvant être compensée par les protéines des céréales riches en ces acides aminés.

Une autre espèce de légumineuse aussi intéressante pouvant entrer dans la préparation de la "moutarde" africaine est le *Kerstingella geocarpa* (Harms)A. Chev. (Fabaceae), vulgairement appelé lentille de terre. Elle ressemble beaucoup au voandzou par ses feuilles, sa taille, et sa forme, mais elle se distingue de cette dernière par le fait que la

partie qui s'allonge pour enterrer le fruit est le gynophore et non le pédoncule floral.

Outre les variétés de "moutarde" africaine qui ont fait l'objet de cette étude et qui sont produites dans la région septentrionale du Togo, on distingue également une autre variété à base de graines de néré avec ou sans graines d'arachide auxquelles on additionne une certaine quantité de cendres de bois de chauffe. Cette variété de "moutarde" africaine est surtout rencontrée dans la région de la Kara au Togo.

MATÉRIELS ET MÉTHODES

1-) Matières Premières

Les matières entrant dans la production de la «moutarde» africaine sont les graines de néré, d'arachide et de soja. Pour la production de la "moutarde" africaine à l'échelle de laboratoire, nous avons utilisé ces trois légumineuses.

2-) Préparation de la "Moutarde" Africaine

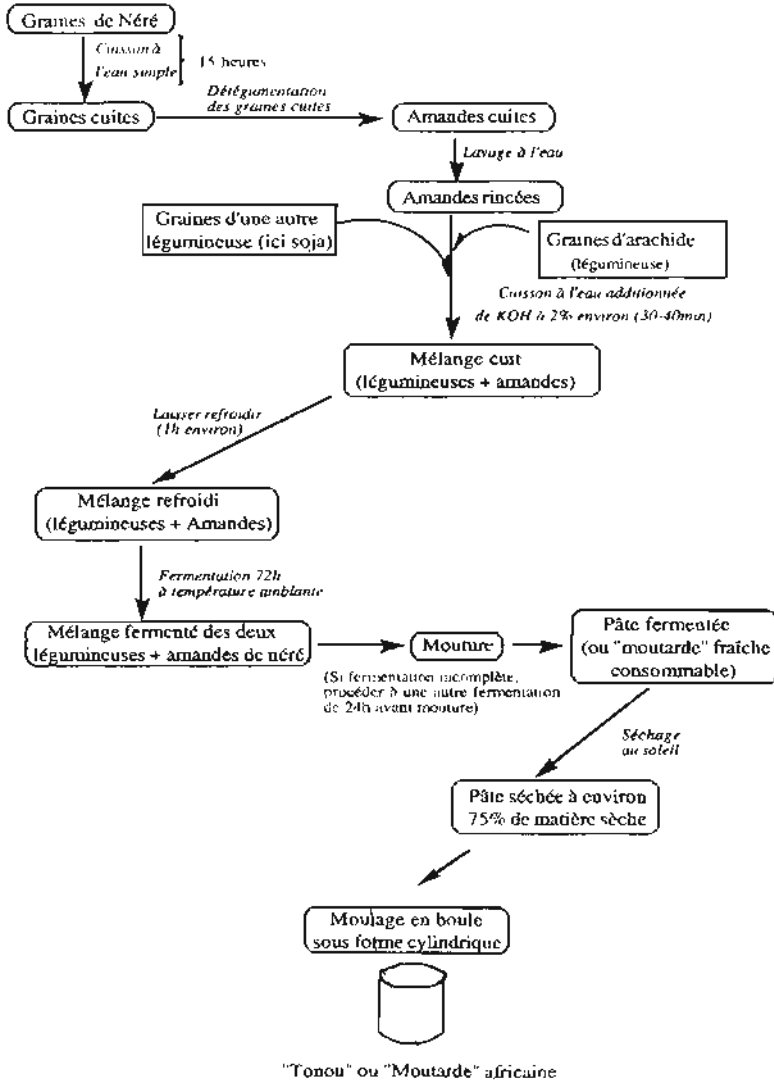
La méthode de préparation de cette "moutarde" est résumée en Figure 1.

Deux types de "moutarde" ont été préparées :

- La "moutarde" dénommée "Mna" à base de graines de néré et d'arachide dans les proportions : 1000g de graines de néré + 250g de graines d'arachide.

- la "moutarde" dénommée "Mnas" à base de de graines de néré, d'arachide et de soja dans les proportions respectives de 750g , 250g et 250g.

Figure 1 : Principales Etapes de la Préparation de la «Moutarde» Africaine.



3-Méthodes d'Analyse Chimiques

3-1- Détermination de la matière sèche

Une quantité de poids connu de l'échantillon à analyser est mise à sécher à l'étuve à 65°C pendant 24 heures. La matière sèche est déterminée par différence de pesées. Le résultat est exprimé d'après la relation ci-après :

$$\text{M.S.}(\%) = \frac{P_2 - P_1}{P} \times 100$$

où P_1 = tare ; P_2 = tare + échantillon après séchage ;
 P = prise d'essai

3-2- Détermination des Cendres

La méthode utilisée est celle de Favier^[3].

3-2-1- Mode opératoire :

Un échantillon préalablement pesé est introduit dans un four à moufle et on procède à un chauffage progressif jusqu'à 550°C. On obtient après 6 à 8 heures, des cendres blanches ou gris-clair.

3-2-2-) Expression des résultats:

Le taux des cendres est exprimé en grammes pour cent selon :

$$\text{Taux des Cendres en g}(\%) = \frac{P_2 - P_1}{P} \times 100$$

où P_1 = poids du creuset vide ; P_2 = poids cendres + creuset ;
 P = prise d'essai

3-3- Extraction et Dosage des Matières Grasses

Les matières grasses ou lipides totaux sont extraites des graines préalablement broyées au moulinex. L'éther de pétrole a servi de solvant pour cette extraction faite à l'aide d'un Soxhlet. Après extraction, le solvant est évaporé à l'aide d'un évaporateur rotatif.

3-3-1- Détermination de l'indice d'iode:

L'indice d'iode est déterminé d'après la méthode préconisée par Wijs et décrite par Wolf[4]. Une quantité de l'échantillon à analyser est dissoute dans 15ml de tétrachlorure de carbone auxquels on additionne 25ml de réactif de Wijs dans un erlenmeyer. L'erlenmeyer bouché est agité légèrement et le tout est laissé à l'abri de la lumière pendant 1 heure. Après cette heure, on agite vivement et on y ajoute 5ml d'iodure de potassium 0,1N. On obtient à la fin de la réaction une solution jaune pâle. Une pincée d'amidon est ensuite ajoutée à la solution puis on titre à nouveau jusqu'à décoloration complète.

Un témoin sans matière grasse est conduit dans les mêmes conditions que l'essai.

3-3-2- Détermination de l'indice de saponification:

La détermination de l'indice de saponification a été réalisée selon la méthode AOCS[5].

Dans une fiole conique contenant 2g d'huile à analyser, on y ajoute 25ml d'une solution alcoolique d'hydroxyde de potassium 0.5N et quelques billes de verre. La fiole est bouchée à l'aide d'un bouchon muni d'un réfrigérant à reflux. Un essai à blanc est conduit en même temps dans une autre fiole et dans les mêmes conditions. On porte ensuite les deux fioles au bain-marie à 100°C pendant 1 heure puis on laisse refroidir. Après refroidissement, on titre chacune des solutions avec HCl 0.5N en présence de deux gouttes de phénoïphthaléine à 1% dans de l'alcool à 95%.

3-3-3- Détermination de la composition en acides gras:

3-3-3-1- Préparation des esters méthyliques d'acides gras

Les esters méthyliques d'acides gras des huiles sont obtenus à l'aide d'un mélange H_2SO_4/CH_3OH dans une proportion de 5/95 (v/v) par chauffage au bain-marie bouillant pendant 3 heures. Les esters méthyliques sont ensuite extraits à l'aide de l'éther de pétrole et de carbonate de potassium puis séchés avec du sulfate de sodium anhydre. L'extrait sec est repris dans de l'hexane pour être injecté au chromatographe.

3-3-3-2- Profil des acides gras

La composition en acides gras des huiles extraites des "moutardes" est obtenue par chromatographie en phase gazeuse. Elle est basée sur le principe de détection des esters méthyliques d'acides gras par ionisation de flamme. Le chromatographe utilisé est le Varian 3300.

L'extrait d'esters méthyliques d'acides gras obtenu est injecté dans le chromatographe dans les conditions suivantes :

- Type de détecteur FID (détecteur à ionisation de flamme) ; fente avec split; colonne DBS : 30m x 0,25mm x 0,25 μ m; température injecteur: 250°C; température détecteur: 300°C.

- Programmation de température : température initiale: 45°C (5 min) ; gradient de température : 2°C/min; température finale : 250°C (1,5 min).

- Durée de l'analyse : 25 min

- Gaz vecteur: azote N50 (1 litre/min) ; gaz auxiliaire : hydrogène 30 ml/min ; air 300 ml/min.

3-4- Dosage des Protéines

Les protéines ont été déterminées selon la méthode de Kjeldhal décrite par Audigié et col.[6]. Cette méthode consiste à minéraliser une aliquote d'échantillon par l'acide sulfurique concentré en présence de catalyseur : le sélénium. Après distillation du minéralisat, l'ammoniac est dosé par H_2SO_4 N/50 en présence du rouge de méthyle (0,5 g/l dans l'éthanol à 95°). La teneur en matière azotée (protéines) est obtenue en multipliant les résultats par le coefficient 6,25.

3-5- Dosage des Glucides

Le taux des glucides totaux est obtenu par différence entre le poids de l'échantillon sec et celui de la somme des protéides, lipides et cendres.

3-6- Dosage des Eléments Minéraux

Les éléments minéraux sont dosés par spectrophotométrie d'absorption atomique après destruction de la matière organique par incinération au four à moufle à 550°C pendant 4 heures suivie d'un traitement à H₂SO₄ et eau chaude. Les conditions d'analyse sont réunies dans le Tableau I.

Tableau I : Conditions Expérimentales de Dosage des Macro- et Oligo-éléments par Absorption Atomique.

Paramètres	Na	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Mn	Zn	P*
Longueur d'onde (nm)	589,0	766,5	422,7	285,2	248,3	324,8	275,5	213,9	670,0
Longueur de fente (mm)	0,2	0,7	0,7	0,7	0,2	0,7	0,2	0,7	
Intensité de la lampe (mV)	8	12	10	6	30	10	20	10	
Mélange (débit)									
Combustible: acétylène	12	12	20	12	12	20	12	20	
Carburant: air	40	40	50	40	40	50	40	50	
Lampe	HCl Mono	HCl Mono	HCl Mono	HCl Mono	HCl Mono	HCl Mono	HCl Mono	HCl Mono	
Limite de détection pour 1% d'absorption (µg/ml)	0,012	0,043	0,092	0,078	0,100	0,077	0,052	0,018	5,0

HCl : Lampe à cathode creuse ; Mono : monoélément ;

Les débits 12 - 40 utilisent la bille d'impact et les 20 - 50 l'hélice ;

P* : Le phosphore est dosé par absorption moléculaire.

RÉSULTATS

Caractéristiques Agronomiques des Matières Premières

Les études agronomiques montrent que le soja a un cycle productif de trois mois. De même, de bons rendements ont été obtenus avec les varié-

tés de soja noir habituellement utilisées dans la préparation de la "moutarde" au Togo (643 kg/ha) que la variété blanche (jupiter) parceque plus dur à manier. Quant au néré, il a un cycle productif annuel et le rendement varie selon l'environnement. L'arachide est saisonnière et sa culture ne nécessite pas de difficultés majeures. De ces résultats, on peut dire que le soja est beaucoup plus propice à la production de la "moutarde" africaine.

Caractéristiques Biochimiques des Graines et des "Moutardes" Préparées

Les teneurs en protéines, glucides, lipides et cendres des graines utilisées dans cette étude de même que celles des "moutardes" produites sont résumées dans le Tableau II.

Ces résultats montrent que les "moutardes" préparées sont riches en protéines et lipides. Cependant, la "moutarde" Mnas est plus riche en protéine (38%) que la "moutarde" Mna qui n'en contient que 35%.

L'analyse élémentaire des lipides indique la présence d'acides gras essentiels. La composition en acides gras des lipides des différentes "moutardes" est représentée dans le Tableau III qui nous suggère que l'huile extraite de la "moutarde" Mnas contient une proportion importante d'acide linoléique (40%), un acide gras essentiel, par rapport à la "moutarde" Mna (26%). Ceci explique les différences d'indice d'iode: 56% contre 49% (Tableau III).

Tableau II : Teneur en Protéines, Glucides, Lipides et Cendres des Graines de Néré, Soja, d'Arachide et des "Moutardes" Africaines Préparées.

Composés	Soja	Néré	Arachide	moutarde Mna	moutarde Mnas
Protéines %	44,83	33,50	22,10	35,40	38,51
Glucides %	31,30	35,31	20,50	28,50	26,33
Lipides %	17,03	19,12	43,15	21,06	25,60
Cendres %	4,07	4,95	5,61	2,50	3,30

L'analyse par spectrométrie d'absorption atomique des cendres obtenues à partir des "moutardes" préparées nous indique les teneurs des échantillons en éléments minéraux (Tableau IV). Ces résultats suggèrent que les "moutardes" sont riches en oligo-éléments en particulier le fer, le manganèse et le zinc.

L'analyse comparative en divers nutriments des deux sortes de "moutarde" ayant fait l'objet de cette étude à des teneurs d'autres condiments alimentaires communément appelés cubes[7], est rassemblée dans le Tableau V. En effet, les deux sortes de "moutarde" sont plus riches en protéines (35 et 38%) que les différents cubes rencontrés sur le marché dont les teneurs varient entre 7 et 23%.

Tableau III : Teneur en Acides Gras des Huiles des "Moutardes" Africaines

Acides Gras	Huile Mna	Huile Mnas
Acide palmitique %	12,31	12,50
Acide oléique %	31,10	35,01
Acide linoléique %	26,50	40,30
Acide linolénique %	10,03	13,15
Indice d'iode	49,22	56,58
Indice de saponification	180,92	194,72

Tableau IV : Teneur en Éléments Minéraux des "Moutardes" Africaines Préparées (en mg/100g de produit).

Dentrées	Na	K	P	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn	Mn
Mna	1200	150	290,9	300	138	10,8	1,3	13,1	5,4
Mnas	940	1350	368,5	240	140	19,8	1,0	12,1	3,7

Tableau V : Composition Chimique des Cubes Alimentaires du Commerce et du Néré-cube Comparée à celle des "Moutardes" Mnas et Mna.

	Cube Or	Jumbo	Ducros	Maggi poulet	Maggi crevette	Néré-cube	Mnas	Mna
Matière sèche %	98,17	97,67	98	91,17	97,84	84,67	94,65	91,00
Protéines brutes %	14,525	7,087	9,45	11,725	11,112	23,625	38,51	35,40
Lipides totaux %	4,5	10,1	8,8	9,2	9,1	13,8	25,60	21,06
Glucides (cellulose incluse) %	16,54	20,38	18,65	23,64	24,03	24,14	26,33	28,50
Cendres totales %	62,6	59,6	61,1	51,6	53,6	23,1	3,30	2,50
Calcium (mg/100g)	5	7,6	3,8	9,6	33,6	38,8	240,0	300,0
Magnésium (mg/100g)	3,24	3,84	1,92	3,24	2,52	5,76	140,0	138,0

DISCUSSION

Les différentes expériences de production menées sur le soja montrent un cycle végétatif d'environ 1 mois avec de bons rendements (643 kg/ha pour le soja noir et 952 kg/ha pour le soja jupiter). Quant au néré, il lui faut au moins 4 ans de croissance avant de commencer à produire. De plus, il a un cycle productif d'un an. Ces données démontrent que pour une bonne production soutenue de "moutarde" africaine, le soja paraît être la matière première la plus adaptée. En outre, la production de "moutarde" avec le soja demande moins de temps et moins d'énergie que la production avec le néré. En effet, il faut seulement 30 minutes de chauffage pour cuire le soja déulpé par grillade, alors que 16 heures environ sont nécessaires pour cuire les graines de néré.

L'analyse de la teneur en substances organiques révèle que la "moutarde" obtenue à partir du néré et celle obtenue à partir du soja sont toutes deux riches en protéines, lipides et en sels minéraux. Les "moutardes" Mnas et Mna ayant les teneurs les plus élevées en protéines (38 et 35% respectivement) par rapport aux autres condiments nous suggère que les populations qui les consomment tirent une partie de leur besoin protéique de ce condiment qui joue un rôle de substitut de viande dans les familles des zones rurales à faibles revenus en Afrique de l'Ouest.

En effet, Simmons[8] dans ses travaux a trouvé que la consommation moyenne journalière de "moutarde" africaine chez les peuples Haoussas du nord Nigéria représente 1,4% de leur besoin calorique journalier et 5% des protéines totales consommées par jour.

Compte tenu de la richesse en protéines des "moutardes" ayant fait l'objet de cette étude et en particulier de la "moutarde" Mnas, leur consommation régulière permettrait d'améliorer la qualité nutritionnelle de la ration alimentaire des populations ouest africaines qui est souvent à base de tubercules et de céréales très pauvres en protéines. En effet, selon De Staerche[9], l'igname contient 2,1% de protéines et le manioc n'en renferme que 1,5% tandis que les teneurs en protéines des céréales sont de 11% pour le mil, 6% pour le sorgho, 9,5% pour le maïs et 7,6% pour le riz. De ce fait, la consommation des "moutardes" africaines à l'instar des cubes alimentaires (moins riches en protéines) permettrait de relever le niveau protéique de la ration alimentaire des populations à faibles revenus et de

lutter contre les maladies protéino-énergétiques chez l'enfant.

Aussi, l'analyse des huiles de ces "moutardes" africaines montre-t-elle une composition en acides gras essentiels pour le bien être des populations et en particulier pour l'enfant. Elles pourront donc être utilisées pour l'assaisonnement des sauces des enfants pendant la période de sevrage.

Enfin, l'analyse en sels minéraux révèle une bonne présence d'oligo-éléments dont le rôle physiologique pour une bonne croissance de l'organisme humain est capital. En effet, les teneurs des "moutardes" en Fe, nous suggèrent que la "moutarde" Mnas (19.8mg/100g) et la "moutarde" Mna (10,8mg/100g) couvrent les recommandations de RDA[10] (15mg/jour pour les femmes et 10mg/jour pour les hommes). Il n'existe guère de toxicité d'ingestion accrue de ce métal alimentaire. La "moutarde" Mnas est selon nos résultats une source de fer non négligeable pour l'organisme humain. La déficience en fer entraîne l'anémie, la baisse de fonction du système immunitaire, etc.

Quant au magnésium, les deux sortes de "moutarde" représentent également une bonne source car le RDA[10] recommande journellement 4,5mg/kg pour les deux sexes. Ainsi, nos deux sortes de "moutarde" ont chacune une teneur en Mg représentant environ 44% des recommandations de RDA[10]. Le magnésium est en effet un élément important pour l'organisme. C'est ainsi qu'il a été rapporté qu'au cours d'une carence nutritionnelle en Mg, le magnésium des érythrocytes (cellules hôte du plasmodium) chute précocement et rapidement[11].

Pour le manganèse, le RDA[10] recommande une consommation journalière estimée entre 2 et 5mg. En outre, aucune toxicité n'a été rapportée par la littérature chez des sujets consommant 8 à 9mg de Mn par jour dans leur alimentation[12]. D'après nos résultats compilés dans le Tableau IV, la consommation de 100g de Mna ou de Mnas couvre les besoins journaliers en manganèse.

Les deux sortes de "moutarde" présentent également une certaine quantité non négligeable de zinc qui joue un important rôle dans le fonctionnement des cellules de l'organisme. En effet, le zinc, métal ubiquitaire présent à l'état de traces, est élément essentiel au développement et au fonctionnement du système immunitaire, influençant à la fois la fonction des lymphocytes et des cellules phagocytaires chez l'homme ainsi que chez l'animal[13,14,15]. Un défaut d'absorption de ce métal, tel qu'on l'observe

chez l'homme au cours de l'acrodermatite entéropathique ou chez l'animal, entraîne un déficit immunitaire important avec hypoplasie thymique et anomalies des cellules T. Il a été en effet rapporté par divers auteurs[16,17,18,19] que le taux sérique d'une hormone thymique, la thymuline, était anormalement abaissé au cours des déficits en zinc, que ce soit chez la souris[16,17,18] ou chez l'homme en particulier au cours du syndrome néphrotique qui s'accompagne chez l'enfant d'un déficit constant en zinc[19]. D'après Walravens[20], le zinc intervient dans la régulation du métabolisme des acides nucléiques et la synthèse protéique et pour les cliniciens, il est nécessaire pour maintenir l'intégrité des systèmes épithéliaux, assurer une croissance et une maturation sexuelle normale. En consommant donc 100g de "moutarde" africaine par jour (Tableau IV), le besoin journalier en zinc de l'homme adulte serait atteint car selon le RDA[10], 12,5mg sont satisfaisants.

CONCLUSION

Les résultats obtenus montrent que la "moutarde" africaine, produit artisanal préparé uniquement par les femmes africaines, présente une bonne qualité nutritionnelle. Elle est en effet très riche en protéines, lipides et en oligo-éléments surtout en fer, manganèse, magnésium et zinc très importants pour le bon fonctionnement cellulaire. Leur déficience est synonyme de troubles nutritionnels comme nous l'avions évoqué.

La "moutarde" à base de soja présente une plus grande richesse en protéines que la "moutarde" conçue à base de graines de néré. Sur le plan technique de préparation, la "moutarde" à base de soja (Mnas) prend moins de temps et d'énergie que la préparation de celle à base de graines de néré (Mna). La consommation de la "moutarde" à base de soja pourrait contribuer à améliorer l'état nutritionnel des populations de la région Ouest Africaine.

BIBLIOGRAPHIE

[1] Weingartner K.E.: Processing, nutrition and utilization of soybean. In S.R. Singh K.O., Rachie and K.E. Dashiell eds., Wiley-Interscience Publications, (1987), United Kingdom.

[2] FAO : Le soja dans les tropiques : améliorations et productions. Collection FAO : Production végétale et protection des plantes, (1995), 27, Rome.

[3] Favier J.C. : Valeur alimentaire de deux aliments de base africains: Le manioc et le sorgho, ORSTOM, Paris, (1977), France.

[4] Wolf J.P. : Manuel d'analyse des corps gras, Azouley eds., Paris. (1968), France.

[5] Saponification Value A.O.C.S. Official method TI 1a-64, (1979)

[6] Audigé Cl., Figarella J., Zonszain F. : Manipulations d'analyse biochimique, troisième édition, Doin, Paris, (1980), France.

[7] Amégah K.A., Mémoire de fin d'études universitaires de technologie ESTBA, Université du Bénin, (1993), Togo.

[8] Simmons E.B. : in "Samaru Miscellaneous Paper N°55, Zaria Nigeria: Institute of Agricultural Research, (1976), Nigeria.

[9] De Staerche Ph. : Le soja : culture, transformations artisanales et semi-industrielles, utilisations, CTA-COTA, (1990)

[10] RDA (Recommended Dietary Allowances): Food and Nutritional Board, Commission of Life Sciences, National Research Council, dixième édition, National Academy Press, (1989), USA.

[11] Martindale L., Heaton F.W. Magnesium deficiency in the adult rat. *Biochem. J.* (1986) 92, 119-126

[12] WHO (World Health Organization) : WHO Technical Report Series N° 532, (1973), Genève, Suisse.

[13] Bach J.F., The multi-faceted zinc dependency of the immune system. *Immunol. Today* (1981) 2, 225-228

[14] Prasad A.S., Clinical endocrinological and biological effects of zinc deficiency. *Clinics Endocrin. Metab.* (1985) 14, 567-578

[15] Good R.A., Nutrition and Immunity. *J. Clin. Immunol.* (1981) 1, 3-10

[16] Iwata T., Incefy G.S., Menendez-Botet T.G., Phi K., Good R.A., Circulating thymic hormone in zinc deficiency. *Cell Immunol.* (1983) 47, 100-105

[17] Bach J.F., Dardenne, M., Savino W., Wade S., Kaiserlian, D., Lemonnier D., In vivo and in vitro studies of thymulin in marginally zinc-deficiency mice. *Europ. J. Immunol.* (1984) 14, 454-458

[18] Fernandez G., Madhavan N., Kazunori O., Tanaka T., Floyd R., Good R.A., Impairment of cell-mediated immunity functions by dietary zinc deficiency in mice. *Proc. Natl. Acad. Sci. N.Y.*, (1979) 76, 457-461

[19] Bensman A., Dardenne M., Morgant G., Vasmant D., Bach J.F., Decreased biological activity of serum thymic hormone (thymulin) in children with nephrotic syndrome. *Int. J. Pediatr. Nephrol.* (1985) 5, 201-204

[20] Walravens Ph.: Les carences nutritionnelles dans les PVD 3^e journée du GERM, Karthala-ACCT, Paris, (1989), France.