

Etude de quelques caractéristiques physiques des noix et amandes de karité produites au Bénin

Roger Houèchéhénè AHOUANSON¹, Emile Adjibadé SANYA²,
Gontrand Comlan BAGAN³, Amos Eric FOUJÉT⁴

Résumé

La noix de karité est actuellement une matière première très recherchée pour son amande riche en matières grasses (beurre) : 45-50 %. Les opérations traditionnelles d'obtention du beurre de karité à partir de l'amande sont assez pénibles. La réduction des peines, ajoutée à la demande croissante du produit, requièrent la conception et la mise au point d'équipements performants. Une telle action n'est possible sans la connaissance des paramètres caractéristiques de la matière première. La présente étude est une contribution à la caractérisation physique des noix et amandes de karité (*vitellaria paradoxa*) de la région de Banikoara au Bénin. Les dimensions telles la longueur, la grande largeur et la petite largeur, ainsi que les masses de 1 000 noix et de 1 000 amandes, les volumes et masses réels et spécifiques, la porosité et l'aire massique sont déterminés. Les résultats montrent que les dimensions moyennes, citées dans l'ordre précédent, valent $32,09 \pm 1,56$ mm, $24 \pm 0,95$ mm et $22,51 \pm 0,98$ mm pour les noix. Elles sont respectivement de $25,6 \pm 1,40$ mm, $17,83 \pm 0,81$ mm et $15,15 \pm 0,60$ mm pour les amandes. La masse moyenne de 1000 noix est $6\,007 \pm 722$ g, celles volumique réelle $587,11 \pm 18,24$ kg/m³ et spécifique $331,41 \pm 19$ kg/m³. Les noix ont une porosité de $43 \pm 4,32$ % et une aire massique de $0,37 \pm 0,01$ m²/kg. La masse de 1 000 amandes est de $4\,004,61 \pm 486$ g, celles volumique réelle de $1008,06 \pm 72,03$ kg/m³ et spécifique de $520,78 \pm 39,81$ kg/m³. Les amandes présentent une porosité de $47,88 \pm 7,16$ % et une aire massique de $0,30 \pm 0,01$ m²/kg. La proportion en masse de l'amande dans la noix est de 66,54 %.

Mots-clés : karité, noix, amande, paramètres, caractéristiques.

Survey of some physical features of the walnuts and almonds of shea nuts produced in Benin

Abstract

Shea nut is a raw material awfully request for its almond rich in fats content (butter): 45-50 %. The traditional operations of obtaining the shea butter, starting from almond, are rather painful. Reduction of pains, added to the increasing request of the product, require design and development of powerful equipments. Such actions are not possible without knowledge of characteristic parameters of the raw material. The present study is a contribution to physical characterization of shea nuts and almonds from *vitellaria paradoxa* tree of Banikoara area. Dimensions, such as the length, great and small widths, as well as the masses of 1000-nuts and 1000-almonds, true and specific volumes and masses, porosity and specific surface

¹ Programme Technologies Agricoles Alimentaires (PTAA) - INRAB BP. : 128, Porto-Novo ; Tél. (+229) 97986253 ; (+229) 90077299 Email : gnankis@yahoo.fr

² Laboratoire d'Energétique et de Mécanique Appliquées (LEMA) - Ecole Polytechnique d'Abomey-Calavi (EPAC)

³ Laboratoire d'Energétique et de Mécanique Appliquées (LEMA) - Institut Universitaire de Technologie, LOK/UAC

⁴ Centre Régional d'Enseignement Spécialisé en Agriculture (CRESA) Forêt -Bois, Université de Dschang, Cameroun

are appraise. Obtained results show that, average dimensions, quoted in the preceding order, are 32.09 ± 1.56 mm, 24 ± 0.95 mm and 22.51 ± 0.98 mm for nuts. They are respectively of 25.6 ± 1.40 mm, 17.83 ± 0.81 mm and 15.15 ± 0.60 mm for almonds. The average 1000 nuts mass is 6007 ± 722 g, those of true volume 587.11 ± 18.24 kg/m³ and specific 331.41 ± 19 kg/m³. The shea nuts' porosity is 43 ± 4.32 % and specific surface of 0.37 ± 0.01 m²/kg. The average mass of 1000 almonds is among 4004.61 ± 486 g, those of true volume 1008.06 ± 72.03 kg/m³ and specific one 520.78 ± 39.81 kg/m³. The almonds display porosity of 47.88 ± 7.16 % and specific surface of 0.30 ± 0.01 m²/kg. Mass proportion of almond in nut is 66.54 %.

Keywords: Shea, nut, almond, characteristic, parameters.

Introduction

Le karité (*vitellaria paradoxa*) est un arbre de la famille des sapotacées. Il pousse exclusivement en Afrique, sous le climat sahélo-soudanien ou soudano guinéen, sur les sols argileux. Il est recherché aujourd'hui pour sa noix qui a une amande riche en matière grasse : 45 à 50 %. Le beurre, extrait de l'amande de karité, est utilisé dans l'alimentation humaine, la cosmétologie et la pharmacologie. C'est surtout son intense utilisation alimentaire, notamment dans la chocolaterie, qui a donné un regain d'intérêt pour ce produit. Ainsi, la consommation de plus en plus croissante du beurre de karité engendre dans le monde, depuis quelques années, une mobilisation des acteurs de la filière autour de l'augmentation de sa production (COULIBALY *et al.*, 2004).

Traditionnellement, l'amande de karité est obtenue par décortiquage de la noix qui s'effectue par pilage au mortier ou à l'aide de la pierre. Le beurre est extrait à la suite des opérations de broyage (concassage) de l'amande, de torréfaction et de mouture des broyats, de barattage de la pâte et de cuisson de la crème. Longtemps réalisées manuellement par les femmes, ces différentes opérations sont de plus en plus exécutées à l'aide d'équipements mis au point par des chercheurs et fabricants locaux. La conception et la réalisation d'équipements de transformation efficaces ne sont possibles sans une connaissance approfondie des propriétés physiques et mécaniques de la noix, de l'amande et de la pâte de karité, car d'elles, dépendent leurs efficacités et performances. Les résultats des travaux de caractérisation physico-mécanique existants révèlent certaines variabilités des propriétés, notamment dimensionnelles, attribuées aux caractéristiques géographiques et climatiques des zones de production (AVIARA *et al.*, 1999 ; AVIARA *et al.*, 2000 ; YE *et al.*, 2004). De plus, les effets de la teneur en eau sur les propriétés physico- mécaniques de la noix ou de l'amande de karité n'ont pas été investis.

La présente étude a pour objet d'évaluer quelques propriétés physiques des noix et amandes de karité du nord du Bénin, en prélude à la caractérisation mécanique indispensable à la mise au point d'équipements appropriés à leur transformation, notamment ceux de décortiquage des noix et de concassage des amandes.

Matériel et méthodes

Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé est la noix de karité (*Vitellaria paradoxa* C. F. Gaertn) collectée au Nord du Bénin à Simpérou, dans la Commune de Banikoara, en 2007. Cette commune fait partie du parc à karité de Kandi qui est l'un des cinq identifiés au Bénin. Le parc à karité de la région de Kandi

correspond à la population d'arbres à karité se situant au-delà de 11° de latitude Nord. La densité y est de 31 arbres à karité par hectare. C'est le parc contenant les plus gros arbres au Bénin, avec un diamètre moyen de 49 cm (GNANGLÈ, 2005).

Les analyses physiques ont été réalisées dans les laboratoires du Programme Technologie Agricole Alimentaire (PTAA) et de la Faculté des Sciences Agronomiques (FSA) de l'Université d'Abomey-Calavi (UAC).

Méthodes

La caractérisation physique des noix et amandes a été faite à travers la détermination de leurs teneurs en eau, dimensions, volumes, masses, densités, masses volumiques réelles et apparentes. Les teneurs en eau des noix et amandes sont évaluées suivant la norme ISO 662 de 1998. Les amandes subissent la mouture au moulin RETCH pendant 3mn et un séchage différentiel à la température de 105°C, pendant 5 h, à l'aide de l'étuve HOH-EXPRESS HE50, PFEUFFER, GERMANY. La masse et le volume de 1000 noix et amandes de même que la densité et la masse volumique apparente ont été évalués.

Les dimensions moyennes des noix et amandes (longueur, largeur, épaisseur) sont déterminées à l'aide d'un pied à coulisse de précision 0,05 mm. Ces mesures ont porté sur un échantillon de 100 noix pris au hasard dans le stock. A l'aide d'une pince, chaque noix est décortiquée manuellement et les dimensions des amandes obtenues sont mesurées également. La noix et l'amande de karité étant de forme oblongue, la fixation des dimensions a été réalisée à partir de la position d'équilibre qui est souvent, soit la face du germe, soit celle opposée. Ainsi, l'épaisseur (e) est la distance entre les plans horizontaux, parallèles P_1 et P'_1 (figure 1). Le premier est le plan de repos (celui du germe) de la graine et le second passe par le point supérieur opposé au germe. La longueur (L) de la graine est la plus grande distance entre les deux plans verticaux P_3 et P'_3 , parallèles passant sur les points extrêmes de la graine tandis que la largeur (l) est la plus petite distance entre les plans P_2 et P'_2 .

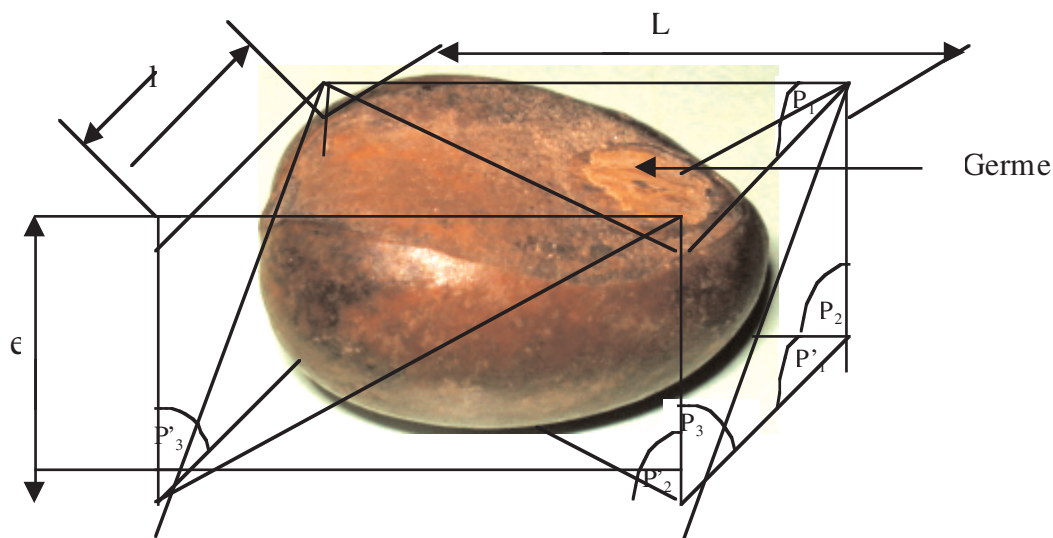


Figure 1. Définition des dimensions de la noix de karité.

La connaissance des dimensions moyennes des graines et amandes permet le calcul des paramètres caractéristiques ci-après définis (Chasseray, 1991 ; Bellianchicov, 1990) :

– Elongation des noix et amandes (E) : $E = L/l$ (1)

– Degré d'aplatissement des noix et amandes (A) : $A = l/e$ (2)

– Moyenne arithmétique du diamètre (D_a) : $D_a = (L + l + e)/3$ (mm) (3)

– Moyenne géométrique du diamètre (D_g) : $D_g = (L \times l \times e)^{1/3}$ (mm) (4)

– Sphéricité des noix et amandes (S) : $S = (L + l \times e)^{1/3}/L$ (5)

Les masses sur 1 000 noix et sur 1 000 amandes brutes de karité sont déterminées suivant la norme ISO520 à l'aide d'une balance électronique de précision 0,001g. Les volumes réels sur 1 000 noix et amandes sont obtenus à l'aide du pycnomètre de Bruckner. La mesure est effectuée par prises d'essai de 2 lots de 50 noix ou 50 amandes. Les 50 noix (ou 50 amandes) sont versées dans le xylène et le volume (V_0) du liquide déplacé dans le pycnomètre est lu. La masse volumique (ρ) réelle est également déterminée par la méthode de Bruckner. Un échantillon de noix (ou amandes), de masse $m_0 = 500$ g, est prélevée et versée dans le pycnomètre contenant du xylène jusqu'à la graduation 0. Le volume V_0 du liquide déplacé est lu au col gradué de l'appareil. La masse volumique réelle (ρ) est ensuite déduite :

$$\rho = m_0/V_0(\text{kg/m}^3) \quad (6).$$

Les volumes de 1 000 noix ou de 1 000 amandes permettent l'estimation des volumes moyens (V_z) d'une seule noix ou d'une seule amande. La connaissance des volumes moyens (V_z) et des masses volumiques réels (ρ), pour une noix et une amande données, conduit au calcul des paramètres de forme définis par les relations ci-après (BELLIANCHICOV, 1990) :

– diamètre équivalent (D_E) : $D_E = 1,24^3 \sqrt{V_z}$ (m) (7)

– aire massique (S_m) : $S_m = 6/\rho D_E$ (m^2/kg) (8)

– volume massique (S) : $S = 6/\rho$ (m^3/kg) (9)

– taux de réduction (U_c) : $U_c = D_E/d_c$ (%) (10)

où d_c est le diamètre équivalent de la noix ou de l'amande.

La masse volumique apparente des graines (ρ_a) est celle mesurée de sorte que ces graines se logent dans un récipient de volume connu avec les espaces vides inter granulaires naturels. Un échantillon de masse (m_0) est prélevé et versé dans une éprouvette graduée. Après avoir tassé les graines, le volume (V_a) occupé par l'échantillon est lu.

Le ratio ou rapport, entre la masse d'amande et celle de la noix, est évalué pour six (6) prises d'échantillons de noix, prise de masse $m = 500$ g. Chaque graine de l'échantillon est décortiquée manuellement à l'aide d'une pince. On accède ainsi à une masse de coques (M_c) et une masse d'amande (M_i). Pour chaque échantillon (i), le pourcentage en masse d'amande dans la noix brute (R_i) est donné par le rapport $R_i = 100M_i/m$ (%).

Les ratios, respectivement de la masse volumique (R_ρ) et de la porosité (R_ϵ) ou degré d'espace vide contenu dans le produit, lorsqu'il n'est soumis à aucune pression extérieure, ont été calculés à partir des formules suivantes : $R_\rho = 100 \times (\rho_0 / \rho)$ et $R_\epsilon = 100 \times (\rho - \rho_0) / \rho$ (en %) (11)

Les données tels que les teneurs en eau, dimensions, volumes, masses, densités, masses volumiques réelles et apparentes ont été collectées en 6 répétitions. Ces données et les paramètres ont été traités à travers le calcul de moyennes, écart-types et fréquence. Le logiciel SPSS 9.0 a été utilisé pour le traitement des données et paramètres. La comparaison des moyennes des diamètres a été réalisée par le test de Tukey avec l'analyse de variance (ANOVA).

Résultats

Caractéristiques dimensionnelles des noix et amandes de karité

Les valeurs moyennes et écarts-types des dimensions des noix et amandes de karité sont présentées dans le tableau I. Les longueur, largeur et épaisseur des noix sont respectivement de $32,09 \pm 1,56$ mm, $22,51 \pm 0,98$ mm et $24,0 \pm 0,95$ mm. Celles des amandes mesurent respectivement $25,6 \pm 1,4$ mm, $15,15 \pm 0,60$ mm et $17,83 \pm 0,81$ mm. Mais les valeurs obtenues, pour les dimensions des noix et amandes de karité, cachent certaines disparités illustrées par les figures 2, 3, 4 et 5. En effet, les noix de karité de largeurs 20 à 25 mm constituent la majorité des noix (figure 2). Celles de largeurs comprises entre 22 et 24 mm sont dominantes : 60 %. La figure 3 présente la distribution des largeurs des amandes de karité. Elles varient de 10 à 21 mm, avec une dominance des amandes de largeurs comprises entre 14 et 17 mm : 73 %.

Tableau I. Dimensions moyennes des noix et amandes de karité du Bénin.

Dimensions moyennes obtenues à partir de cent (100) noix de karité (en mm)					
Noix de karité			Amandes de karité		
Longueur	Largeur	Epaisseur	Longueur	Largeur	Epaisseur
$32,09 \pm 1,56$	$22,51 \pm 0,98$	$24,0 \pm 0,95$	$25,6 \pm 1,4$	$15,15 \pm 0,60$	$17,83 \pm 0,81$

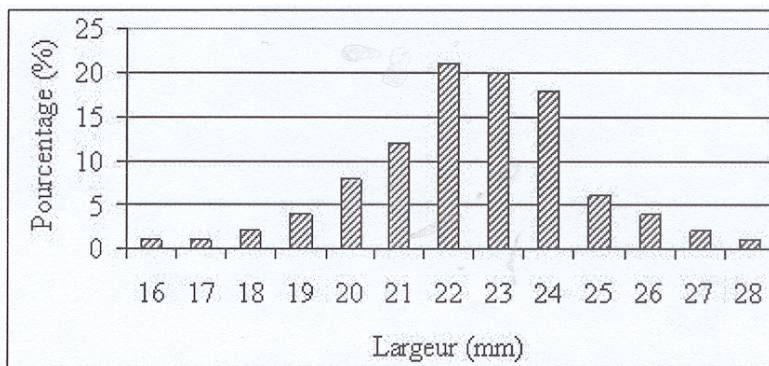


Figure 2. Distribution des largeurs des noix de karité.

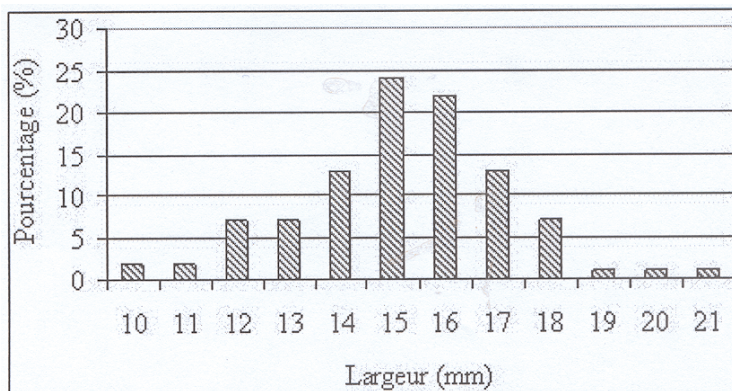


Figure 3. Distribution des largeurs des amandes de karité.

L'analyse des résultats présentés à la figure 4 nous montre que, plus de 62 % des noix de karité, ont des épaisseurs comprises entre 23 et 26 mm. Celles des amandes varient entre 14 et 23 mm avec une dominance des amandes d'épaisseurs comprises entre 16 et 19 mm : 71 % (figure 5).

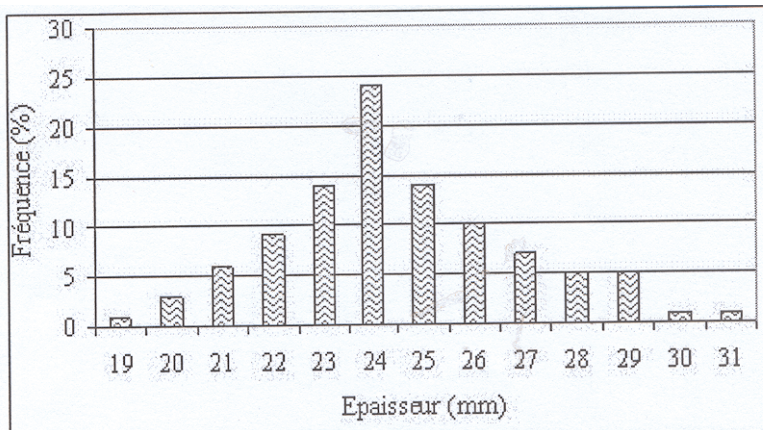


Figure 4. Distribution des épaisseurs des noix de karité.

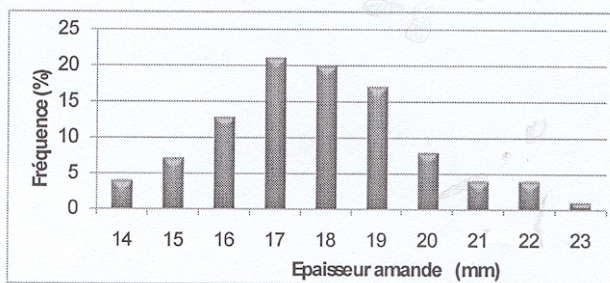


Figure 5. Distribution des épaisseurs des amandes de karité.

Caractéristiques massiques et volumiques des noix et amandes de karité

Les valeurs obtenues des différentes mesures expérimentales sont consignées dans le tableau II. La masse moyenne de 1 000 noix de karité à teneur en eau de 8,69 % (b. s) est de 6 007 g contre 4 004 g pour l'amande. Un kilogramme de noix occupe une surface de 0,37 m² contre 0,303 m² pour l'amande (aire massique).

Tableau II. Caractéristiques massiques des noix et amandes du karité du Bénin

Désignation des caractéristiques	Unités	Valeurs	
		Noix	Amande
Teneur en eau (base sèche)	%	8,69	8,60
Masse de 1000 noix ; amandes	g	6007 ± 722	4004 ± 486
Aire massique	m ² /kg	0,37 ± 0,01	0,303 ± 0,01
Pourcentage poids amande / poids noix	%	66,54 ± 0,57	
Pourcentage poids coques / poids noix	%	33,46 ± 0,43	

Les valeurs des paramètres volumiques des noix et amandes sont rassemblées dans le tableau III.

Le volume d'une noix de karité est estimé à 10,35 cm³. Il est environ de 2,5 fois supérieur à celui de son amande. La densité de l'amande est environ 1,73 fois celle de la noix de même que la masse volumique réelle. Ce rapport est de 1,53 pour la masse volumique apparente, 0,59 pour le volume massique et 1,01 pour la porosité.

Tableau III. Caractéristiques volumiques des noix et amandes de karité du Bénin.

Désignation des caractéristiques	Unités	Valeurs	
		Noix	Amande
Teneur en eau (base sèche)	%	8,69	8,6
Volume de 1 000 graines	cm ³	10 359 ± 1 329	4 025,64 ± 552
Densité	—	0,58 ± 0,018	1,008 ± 0,072
Masse volumique réelle	kg/m ³	587,11 ± 18	1 008,06 ± 72
Masse volumique apparente	kg/m ³	331,46 ± 19	520,78 ± 40
Volumique massique	m ³ /kg	0,010 ± 0,003	0,0059 ± 0,0004
Ratio masse volumique	—	0,56	0,51
Porosité	%	43,45 ± 4,32	47,88 ± 7,16

Paramètres de forme des noix et amande de karité

Les valeurs obtenues, pour les paramètres de forme des noix et amandes de karité, sont regroupées dans le tableau IV. La largeur de la noix est 0,98 fois l'épaisseur contre 0,85 pour l'amande (degré d'aplatissement). La valeur de l'élongation indique que la longueur de la noix de karité est 1,42 fois supérieure à sa largeur, contre 1,68 pour l'amande. Le diamètre équivalent ou diamètre de la sphère qui aurait le même volume que la graine de karité est d'environ 26,98 mm pour la noix et de 19,68 mm pour l'amande. Le diamètre équivalent de la noix est 1,37 fois supérieur à celui de l'amande. Au point de vue de la sphéricité, on peut noter que les noix et les amandes de karité du Bénin sont loin d'être considérées comme sphériques. En effet, les résultats des mesures montrent que leurs formes ne sont proches de celles d'une sphère, respectivement qu'à 79 % et 74 %. Les diamètres, basés sur les moyennes arithmétiques (26,20 ± 1,12 mm et 19,53 ± 0,91 mm) et géométriques (25,32 ± 2,09 mm et 19,05 ± 0,86 mm), bien que statistiquement différents au seuil de 5%, sont relativement proches de leurs diamètres équivalents respectifs (26,98 ± 1,18 mm et 19,68 ± 0,90 mm).

Tableau IV. Evaluation des paramètres de forme des noix et amandes de karité du Bénin.

Désignation	Unités	Valeurs	
		Noix	Amande
Taux de réduction	—	$1,37 \pm 0,023$	
Degré d'aplatissement	—	$0,98 \pm 0,01$	$0,85 \pm 0,01$
Elongation	—	$1,42 \pm 0,03$	$1,68 \pm 0,05$
Sphéricité	—	$0,79 \pm 0,06$	$0,74 \pm 0,01$
Diamètre équivalent	mm	$26,98 \pm 1,18$	$19,68 \pm 0,90$
Moyenne arithmétique du diamètre	mm	$26,20 \pm 1,12$	$19,53 \pm 0,91$
Moyenne géométrique du diamètre	mm	$25,32 \pm 2,09$	$19,05 \pm 0,86$

Discussions

Les valeurs du tableau I nous renseignent que les dimensions des noix et des amandes du karité *vitellaria paradoxa* cultivé au Bénin sont plus petites comparativement à celles du nord Nigeria : en moyenne 5 mm de moins. En effet, les moyennes des dimensions rapportées par AVIARA *et al.*, (2002) sur les noix collectées à Michika, dans l'Etat de Adamawa (Nigeria) sont de 36,33 mm, 29,30 mm et 27,93 mm respectivement pour la longueur, la largeur et l'épaisseur. Sur les amandes, ces mesures sont respectivement de 29,62 mm, 20,30 mm et 18,20 mm. Par contre, les amandes de karité du Burkina Faso sont plus petites que celles étudiées au Bénin et au Nigeria. Les dimensions des amandes collectées en 2003, à Santidougou situé à 15 km de Bobo Dioulasso, sont de 21,91 mm, 15,86 mm et 13,08 mm respectivement pour la longueur, la largeur et l'épaisseur (YÉ et DESTAIN, 2004). Ces différences de tailles seraient en partie liées aux pratiques agricoles qui favoriseraient la floraison et la fructification et les échanges de graines (KELLY, 2005). Elles pourraient être dues à la combinaison des facteurs édaphiques, climatiques et anthropiques. En effet, la pluviométrie semble avoir des effets déterminants sur la taille de la noix et de l'amande. La région de Bobo-Dioulasso est située dans la zone soudanienne à la même latitude que Banikoara ($11^\circ - 12^\circ$). La pluviométrie à Bobo-Dioulasso se situe entre 900 et 1100 mm par an (YÉ et DESTAIN, 2004) contre 800 mm dans la région de Banikoara. L'Etat d'Adamawa, bien que situé dans la zone soudanienne, est à une latitude comprise entre le 10° et 11° (AVAIRA *et al.*, 2002).

Le décortiquage est la toute première opération à mécaniser dans le processus de transformation des noix de karité. Il est réalisé par friction de la noix entre deux plaques horizontales et parallèles, l'une fixe et l'autre mobile (AVIARA *et al.*, 2000). Mais la variabilité des dimensions, notamment des épaisseurs et largeurs des noix et amandes, pose le problème de réglage du jeu entre grilles fixe et mobile, jeu devant recevoir les noix durant le décortiquage. L'efficacité de la décortiqueuse dépendra largement de ce réglage. Si le jeu est fixé à 17 mm, toutes les noix d'épaisseurs supérieures à 17 mm (98 %) seraient décortiquées. Comme conséquence, toutes les amandes d'épaisseurs supérieures à 17mm (10 %) pourraient être brisées. Cette analyse est faite en se basant sur les figures 2 et 3 qui illustrent les fréquences des largeurs des noix et amandes.

Il est encore nécessaire d'approfondir les analyses afin que l'équipement permette d'obtenir un taux de décortiquage élevé, tout en assurant un taux de brisure d'amandes faible. L'une des solutions éventuelles à ce niveau est celle consistant à procéder au tri des noix avant leur décortiquage. Dans cet exercice, les effets de la taille des noix et amandes sur le décortiquage et le concassage sont à prendre en compte. Une attention particulière devra aussi être portée sur l'effet du jeu entre la coque et l'amande sur l'efficacité du décortiquage.

La masse moyenne de 1 000 noix égale à 6 007 g (tableau II) est inférieure à celle des noix récoltées au Nigeria qui est de 8 000 g (AVIARA *et al.*, 1999 ; AVIARA *et al.*, 2000) et supérieure à celle du Burkina Faso 2 490 g. Au Burkina Faso, elle varie entre 1 170 g et 5 320 g (YÉ *et al.*, 2004). La variété de la graine d'une part, et les conditions agro climatiques de production de l'autre, pourraient expliquer la nette différence enregistrée suivant les régions et au sein d'une même zone. Les aires massiques des noix et amandes, respectivement 0,37 et 0,303 m²/kg, permettent de dimensionner les paramètres de la décortiqueuse en fonction du débit et de la capacité horaire désirés pour l'équipement.

Le tableau II illustre aussi la proportion du poids de l'amande par rapport à la noix : 66,54 % au Bénin contre 60,16 % au Nigeria (AVIARA *et al.*, 1999). Elle reste cependant inférieure à celle de la graine du moringa 73 % (LOWELL, 2002) et de l'avoine 73,5 % (GODON *et al.*, 1991), et supérieure à celle du néré 62,77 % (AHOUANSOU, 2005). L'intérêt pratique de ce paramètre réside dans le fait que le rendement en amande attendu du décortiquage ne peut en aucune façon excéder 66,54 % au Bénin.

Le volume d'une noix de karité du Bénin est estimé à 10,35 cm³. Il est de 12,50 cm³ au Nigeria (AVIARA *et al.*, 1999 ; AVIARA *et al.*, 2000). La densité des noix de karité est de 0,58, soit environ 1,8 fois inférieure à celle de l'amande qui est de 1,008. La densité de l'amande est de 1,10 au Burkina Faso (YÉ *et al.*, 2004) et de 1,11 au Nigeria (AVIARA *et al.*, 1999 ; AVIARA *et al.*, 2000). Certains auteurs ont publié que la densité des noix est généralement fonction de la proportion d'amande et de coque, de sa compacité et de sa texture. Elle dépend en outre de la teneur en eau de la graine (GODON *et al.*, 1991). Au niveau des trois pays : Bénin, Burkina et Nigeria, les mesures des densités des amandes de karité ont édité des valeurs très proches (1,008 ; 1,10 ; 1,11). On pourrait alors être tenté d'en déduire que les variations climatiques et géographiques, tout en affectant la forme et la taille des amandes de karité étudiées, n'auraient pas d'effets significatifs sur leurs texture et compacité.

La masse volumique réelle de la noix varie entre 577,41 et 617 kg/m³ alors que celle de l'amande fluctue entre 921 et 1 200 kg/m³. De même, la masse volumique apparente de la noix varie de 318 à 387 kg/m³ et celle de l'amande 434,78 à 583,33 kg/m³. La porosité de la noix est estimée à 43,45 %, valeur inférieure à celle rapportée par AVIARA 54 %. La porosité de l'amande de karité évaluée au Bénin est de 47,88 %.

Les valeurs des paramètres de formes tels que l'aplatissement, l'élongation, la sphéricité et le diamètre équivalent, illustrés au tableau IV, sont utiles pour la conception de la décortiqueuse et l'évaluation de ses performances, de même que pour le développement de modèles sur le karité.

Conclusion

Les investigations consacrées à la caractérisation physique du karité (*vitellaria paradoxa*) ont conduit à la détermination des dimensions moyennes, des paramètres massiques, volumiques et de forme, aussi bien pour les noix que pour les amandes. Il ressort, des différentes valeurs obtenues, des variabilités similaires à celles soulignées suite aux études menées au Nigéria et au Burkina Faso. Ainsi, les dimensions des noix sont de $32,09 \pm 1,56$ mm, $24 \pm 0,95$ mm et $22,51 \pm 0,98$ mm respectivement pour la longueur, l'épaisseur et la largeur. Celles de l'amande sont respectivement de $25,6 \pm 1,4$ mm, $17,83 \pm 0,81$ mm et $15,15 \pm 0,60$ mm. La masse moyenne de 1 000 noix est de $6\,007 \pm 722$ g, les masses volumiques réelle $587,11 \pm 18,24$ kg/m³, spécifique $331,41 \pm 19$ kg/m³ et la porosité $43 \pm 4,32$ %. La masse de 1000 amandes est de $4\,004,61 \pm 486$ g, celles volumiques réelles de $1008,06 \pm 72,03$ kg/m³ et spécifique de $520,78 \pm 39,81$ kg/m³ et la porosité de $47,88 \pm 7,16$ %. La masse de l'amande représente 66,54 % de celle de la noix.

La connaissance des propriétés physiques des noix et amandes du karité n'est pas, à elle seule, suffisante pour aborder la conception des équipements de traitements. La caractérisation mécanique, menant à la connaissance des forces d'adhérence entre coques et amandes des graines, constitue la perspective logique du travail ainsi rapporté, en vue de proposer la décortiqueuse appropriée.

Références citées

- AHOANSOU R., 2005. Optimisation des performances des équipements agroalimentaires : application à la décortiqueuse de néré. Mémoire de DEA ; Univ. d'Abomey -Calavi ; Bénin. 58 p.
- AVIARA N. A., GWANDZANG M. I. and HAQUE M. A., 1999. Physical properties of guna seeds. J. Agric. Eng. Res. 73 ; p : 105-111.
- AVIARA N. A., HAQUE M. A. et IZGE I. A., 2000. Physical and frictional properties of sheanuts. Agro-Science Journal. Vol.1 ; 19-34.
- BELLIANCHICOV N. N., 1990. Mécanisation de l'élevage et de la préparation du fourrage. 366 p. Leniges H. A., & Beverlov W. A., 1975 : Food Process. Eng. ; D. Radel, Dordrecht ; 169-188.
- CHASSERAY P., 1991. Caractéristiques physiques des grains et de leurs dérivés. In Les industries de première transformation des céréales : Technique et documentation, Lavoisier ; 105-144.
- COULIBALY Y., OUÉDRAOGO S., NICULESCU N. et KONATÉ N., 2004. Extraction du beurre de karité par centrifugation. Sud Sciences et Technologie n° 13 ; 4-12.
- GNANGLÈ P. C., 2005. Parcs à karité (*Vitellaria paradoxa*) (Gaertn. C. F.) (Sapotaceae) au Bénin : Importance socio-culturelle, caractérisation morphologique, structurale et régénération naturelle. Mémoire de DEA. UAC/FSA. 113 p.
- GODON B. et WILLAN C., 1991. Les industries de première transformation des céréales. Technique et Documentation ; Lavoisier, 679 p.
- KELLY B. A., 2005. Impact des pratiques humaines sur la dynamique des populations et sur la diversité génétique de *Vitellaria paradoxa* (karité) dans les systèmes agro forestiers au sud Mali. Thèse de Doctorat. Institut Sup. de Formation et Recherche Appliquée, Univ. du Mali; 243 p.
- LOWELL J. F., 2002. L'arbre de la vie : les multiples usages du moringa. CTA, CWS; 45-52.
- YE G. S. et DESTAIN M. F., 2004. Etude d'une presse à huile : Caractérisation technique des presses manuelles à karité existant au Burkina Faso et détermination de l'effort de concassage de l'amande de karité. Mémoire DEA. Sciences Agronomiques et Ingénierie biologique. Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques de Gembloux ; 75 p.