



ISSN Print: 2394-7500
ISSN Online: 2394-5869
Impact Factor: 8.4
IJAR 2022; 8(4): 252-258
www.allresearchjournal.com
Received: 16-02-2022
Accepted: 20-03-2022

Méminata Diakité
Faculté des Sciences et
Techniques de Bamako, Mali

Cheickna Daou
Institut des Sciences,
Appliquées de Bamako, Mali

Mamadou A Konaré
Faculté des Sciences et
Techniques de Bamako, Mali

Issiaka Togola
Faculté des Sciences et
Techniques de Bamako, Mali

Singou Keita
Faculté des Sciences et
Techniques de Bamako, Mali

Nouhoum Diarra
Faculté des Sciences et
Techniques de Bamako, Mali

Corresponding Author:
Méminata Diakité
Faculté des Sciences et
Techniques de Bamako, Mali

Composition et caractéristique physico-chimiques du fruit de *Carapa procera* DC récolté au Mali

Méminata Diakité, Cheickna Daou, Mamadou A Konaré, Issiaka Togola, Singou Keita and Nouhoum Diarra

DOI: <https://doi.org/10.22271/allresearch.2022.v8.i4d.9670>

Abstract

Carapa procera, plante oléagineuse, est utilisée par les populations pour les soins cosmétiques et médicinaux à cause de sa composition biochimique. Le but de notre étude est la caractérisation biochimique des principes actifs de la coque et de l'amande de *Carapa procera* de quatre localités des zones agro-écologiques soudanaises nord et sud du Mali.

Ainsi, l'humidité, les cendres, certains métabolites primaires et secondaires, les éléments minéraux et organiques ont été déterminés.

L'humidité des coques est plus grande que celle des amandes (11,16% vs 4,37%), par contre sa teneur en cendre totale est plus faible que celle de l'amande (1,01% vs 4,37%). Avec l'amande, nous avons enregistré des teneurs de 53,5 %, 5,64 % et 5,63 % respectivement de lipides, protéines et glucides. De faibles teneurs de tanins et d'alcaloïdes sont déterminées. Par ailleurs, l'amande et la coque ont fourni des teneurs peu variables pour le magnésium, le sodium et le potassium tandis que les teneurs en fer, calcium et cuivre ont varié considérablement. La teneur en matière organique de l'amande est inférieure à celle de la coque. Le fruit de *Carapa procera* peut présenter une bonne prédisposition à la conservation, à la production d'huile et une bonne activité biologique.

Keywords: *Carapa procera*, fruit, métabolites primaires et secondaires, éléments minéraux

1. Introduction

Depuis l'antiquité les plantes ont toujours servi les populations locales dans l'alimentation, la lutte contre la pauvreté mais surtout dans la santé grâce, aux principes actifs des métabolites secondaires qu'elles regorgent et qui permettent aux organismes de se défendre face aux agressions externes et internes.

C'est le cas de *Carapa procera* qui est une plante à huile, appartenant à la famille des Meliaceae, qui est un arbre présent dans les galeries forestières des zones soudanaises et guinéennes d'Afrique tropicale (Weber *et al.*, 2010 ; Forget *et al.*, 2009) [1-2].

Depuis l'antiquité, les arbres à huile ont été utilisés et cultivés. Pour cuire les aliments, se soigner et se protéger, les hommes et les femmes ont fait recours aux huiles végétales qui sont des nutriments essentiels.

Carapa procera DC est une plante oléagineuse, médicinale et cosmétique particulièrement recherchée par les thérapeutes et herboristes (Dembélé *et al.*, 2015 ; Ambé, 2001) [3-4]. Les feuilles, les fruits, les graines et les écorces du tronc et des racines servent à la préparation de produits médicinaux pour la santé humaine et animale (Sanogo, *et al.*, 2013) [5]. D'autre part, l'amande de son fruit fait l'objet d'extraction d'huile riche en acide stéarique et oléique (Pangou *et al.*, 2011) [6]. En effet, l'huile extraite des graines de l'espèce est très utilisée pour les soins de la peau et des cheveux, et dans la médecine traditionnelle (Arbonnier, 2000) [7]. En santé animale, cette huile est un excellent bio-pesticide au niveau des cultures maraîchères et du coton (Arbonnier, 2000 ; Weber *et al.*, 2010) [7-1].

Par ailleurs, la coque et le résidu d'amande restent faiblement valorisés après l'extraction de l'huile par insuffisance de données caractérisant leurs compositions biochimiques et empêchant du coup leurs utilisations rationnelles afin de contribuer au développement durable (Ambé, 2001 ; Cook *et al.*, 2000) [4-9]. Ainsi, le but de notre étude est de contribuer à la valorisation biochimique du fruit de *Carapa procera*.

2. Matériel et méthodes

2.1 Matériel

Le matériel végétal utilisé est constitué du fruit de *Carapa procera* récoltés à N'Kountjila (N11°29'27,7''; W 006°22'28,8''; Elévation 353m) et Farako (N 002°29'283''; W 12°43'714''; Elévation 350 m) de la zone agro-écologique sud, Koumabougou (N 11°57'12,4''; W 006°44' 59,9''; Elévation 357m) et Faraba 2 (N 12°40'57,3''; W 009°17' 46,3''; Elévation 325m) de la zone agro-écologique nord.

2.2 Méthodes

2.2.1 Détermination des caractéristiques physico-chimiques de l'amande et de la coque

• Teneur en eau

La teneur en eau (Humidité) a été déterminée par la méthode de déshydratation conformément à la norme ISO 934. Ainsi, 5 g de poudre d'amande ou de coque a été pesé dans des creusets de poids préalablement connus. L'ensemble (creuset + échantillon) a été placé dans l'étuve à 130 °C et séché jusqu'à poids constant. L'humidité a été exprimée en pourcentage et calculée par la formule suivante :

$$\text{Humidité (\%)} = \frac{P_e - P_f}{P_e - P_0} * 100 ; \text{avec}$$

P_0 = Poids du creuset vide,

P_e = Poids du creuset + échantillon avant étuvage et

P_f = Poids du creuset + échantillon après étuvage

• Teneur en cendre

Les cendres totales et sulfuriques ont été déterminées selon le protocole de Toukara (2006) ^[10].

• Cendre totale

La cendre totale a été déterminée par la méthode d'incinération au four. Dans des creusets, de poids connu et bien séchés, a été pesé 5 g d'échantillon de poudre d'amande ou de coque. Les creusets contenant l'échantillon ont été introduits dans le four et incinérés pendant une nuitée à 650° C. Après refroidissement, ils furent de nouveau pesés et la teneur en cendre a été exprimée en pourcentage et calculée par la formule suivante :

$$\text{Cendre (\%)} = \frac{P_f - P_0}{P_e - P_0} * 100 ; \text{avec}$$

P_0 = Poids du creuset vide,

P_e = Poids du creuset + échantillon avant incinération et

P_f = Poids final du creuset + échantillon après incinération

• Cendre sulfurique

La cendre sulfurique a été dosée à partir d'une prise d'essai PE de 5g de la poudre de l'amande ou de la coque de *Carapa procera* DC introduite dans un creuset en platine puis chauffé au rouge, refroidi et taré. Le contenu du creuset a été mouillé avec une quantité suffisante de H₂SO₄ dilué au ½, trituré avec une baguette. Le creuset a été d'abord déshydraté dans l'étuve puis incinéré au four jusqu'à l'obtention de cendre. Après refroidissement, la masse P' du creuset après calcination a été déterminée.

La masse de cendres sulfuriques S a été donnée par la formule : S = P' - T

Teneur en cendres sulfuriques = S x 100 / PE (g)

Avec :

S = Masse en gramme des cendres sulfuriques de la prise d'essai,

PE = prise d'essai,

T = Tare du creuset et

P' = Masse en gramme du creuset après calcination

• Teneur en minéraux

Certains minéraux ont été déterminés selon la norme AFNOR (1982) ^[11].

Pour ce dosage, 0,5g de la poudre de l'amande ou la coque de la graine de *Carapa procera* DC broyée a été placé dans un ballon à digestion avec billes de verre. Une prédigestion à chaud de la matière organique a été effectuée avec 10 ml d'acide nitrique concentré, Après refroidissement, 15 ml d'acide perchlorique ont été ajoutés au contenu du ballon. Le ballon ainsi traité, placé sur une poêle à digestion a été chauffé afin d'évaporer l'acide nitrique jusqu'à l'obtention de fumées blanches, puis le mélange a été porté à ébullition pendant 1 heure. Après refroidissement, 15 mL d'eau distillée ont été ajoutés au contenu du ballon. Le tout a été mélangé et ensuite filtrée sur papier filtre de taille de pore 42. Le filtrat obtenu a été complété au volume 100 mL avec de l'eau déminéralisée. Il a servi à la détermination des minéraux au spectrophotomètre à absorption atomique.

2.2.2 Détermination des métabolites primaires et secondaires dans l'amande de *Carapa procera*

• Teneur en lipide

La teneur en matière grasse a été déterminée par la méthode gravimétrique après extraction au Soxhlet. Pour cela, une capsule de cellulose contenant 2 g de poudre d'amande de *Carapa procera* a été placée dans l'extracteur d'un Soxhlet. L'ensemble fut monté sur un ballon de 250 mL de masse M et contenant 200 mL d'hexane. Le système a été placé sur une rampe à gaz dont la température a été réglée à la température d'ébullition de l'hexane. La matière grasse a été extraite en continu par l'hexane qui la dissout graduellement. Cette opération a duré environ 6 à 8 heures par échantillon.

Le pourcentage de matière grasse a été déterminé selon la formule suivante :

$$\text{MG (\%)} = \frac{PF - PV}{PE}$$

PF=poids final du ballon contenant la matière grasse ;

PV=poids du ballon vide;

PE= poids prise essai

• Teneur en glucides

La teneur en glucide a été déterminée par la méthode de Dubois *et al.* (1956) ^[12]. Ainsi, 10 g de poudre d'amande a été macéré dans 100 mL d'eau distillée à 85°C pendant 2h. Après macération la solution a été centrifugée à 4000 rpm pendant 10 min à la température ambiante (Oomah *et al.*, 1995) ^[13].

Ensuite, 0,5 mL de surnageant contenant les sucres totaux a été placé dans un tube à essai auquel ont été ajoutés 0,5 mL de solution aqueuse de phénol à 5 % et 2 mL d'acide sulfurique à 98 %. Après homogénéisation au vortex, les tubes ont été chauffés dans un bain-marie à 90°C pendant 5 min. Les tubes ont été ensuite refroidis à l'obscurité pendant

30 min avant lecture de l'absorbance de la solution à 490 nm. Parallèlement, un blanc de 0,5 mL d'eau distillée plus les deux réactifs a été préparé.

La solution d'étalonnage a été préparée à partir d'une solution mère de glucose (1 g/L). La gamme d'étalonnage s'étendait de 5 à 40 µg/ml.

• Teneur en protéines

La méthode de Kjeldahl, rapportée par Makalao *et al.* (2015) [14] dans l'analyse des fruits sauvages, a été utilisée pour doser les protéines totales. Elle consiste à mesurer la quantité d'azote organique d'un échantillon après minéralisation et distillation.

Ainsi, une masse de 1g d'échantillon a été placée dans un matras (tube d'analyse) auquel il a été ajouté 5mL d'acide sulfurique concentré et une pastille de catalyseur (Kjeltabs). Le tout a été placé dans un minéralisateur (Velp Scientifica) connecté à un refroidisseur automatique à 420°C pendant une heure.

Pour la distillation, le matras est ensuite inséré dans un distillateur kjeltec (Velp Scientifica UDK 159) raccordé à deux bidons contenant l'un une solution d'acide borique à 1% et l'autre une solution de soude (NaOH) à 0,1N. La titration a été faite avec de l'acide chlorhydrique 1N qui donne une coloration rouge persistante en présence de l'ammoniac formé par distillation.

La teneur en protéines totales a été calculée en multipliant la quantité d'azote par un facteur de conversion (6,25), soit 16 % dans les protéines.

La teneur en protéines totales a été calculée en multipliant la quantité d'azote par un facteur de conversion (6,25), soit 16 % dans les protéines (Mariotti *et al.*, 2016) [15].

$$\text{Protéine (\%)} = \% \text{ N} \times 6,25$$

• Détermination des métabolites secondaires de l'amande

• Dosage des alcaloïdes

Il a été réalisé en appliquant la méthode utilisée par Narasimhan et Shanta (2003) [16]. Ainsi, 10 g de poudre d'amande de *Carapa procera* a été macéré dans 25 mL d'acide acétique aqueux à 2 % pendant 10 min à la température ambiante. Le filtrat ainsi obtenu a été dilué dans 100 mL de la même solution d'acide acétique. Parallèlement, une gamme d'étalonnage (de 0 à 1 mL) avec un intervalle de 0,2ml a été préparée à partir d'une solution mère d'atropine à 10 mg/L.

Les absorbances ont été lues au spectrophotomètre à 435 nm contre le témoin de la gamme.

Dosage des tanins

Les tanins ont été préalablement extraits en mélangeant 0,1 g de poudre d'amande de *Carapa procera* avec 20 ml d'acétone dilué à 7/3. Après agitation, le mélange a été filtré. Le filtrat ainsi obtenu a été centrifugé à 3500 rpm pendant 10 min. le culot obtenu lors de cette filtration, a été mélangé avec une quantité d'eau distillée et quelques mg de chlorure de sodium. Ce mélange fut ensuite centrifugé à 3500 rpm pendant 10 min afin de récupérer l'extrait tannique.

Après extraction, les tanins ont été dosés par la méthode décrite par Walailuck *et al.* (2011) [17]. Ainsi, à une gamme de 10 tubes contenant une masse croissante de 10 à 100µg d'extrait tannique ont été ajoutés la solution mère constituée d'acide gallique (de 0 à 100 mL avec un intervalle de 10 mL) de façon à obtenir un volume de 4ml dans chaque tube, puis 250 µl d'éthanol et 150 µl du réactif de Folin. Après 5 minutes d'incubation, 250 µl de carbonate de sodium (Na₂CO₃) à 5% ont été ajoutés. La lecture a été faite au spectrophotomètre à 725 nm après une incubation au noir pendant 1heure. Le taux de tanin a été calculé comme suite :

Indice de mousse

L'indice de mousse a été déterminé selon la méthode utilisée par Walid *et al.* (2016) [18]. Pour cela, 100 mg de la poudre délipidée d'amande de *Carapa procera* DC ont été dilués dans 10 mL d'eau distillée. Ensuite, le mélange a été chauffé pendant 10 min et filtré. Ainsi une dilution de 1/10 de ce filtrat été préparée et répartie dans des tubes à essais. Chaque tube bien bouché a été agité violemment en position horizontale pendant 15 secondes environ et abandonné sur son portoir. La hauteur de mousse a été mesurée après 15 minutes, Le tube ayant 1 cm de mousse a été noté pour le calcul à partir de la formule :

$$\text{IM} = 10 * 1/C ; \text{ avec}$$

10: Volume total du tube,

C: Concentration de drogue contenu dans le tube correspondant

L'estimation des saponosides a été faite en déterminant l'indice de mousse.

3. Résultats

3.1 Caractéristiques physico-chimiques de l'amande et de la coque des échantillons de *Carapa procera* DC

Les teneurs en humidité (aptitude à la conservation), en cendre sulfurique (pureté des échantillons) et en cendre totale (quantité de matières minérales et organiques) sont consignés dans le tableau 1.

Tableau 1: Teneurs en Humidité, Cendres totales et Cendres sulfuriques de l'amande et de la coque de *Carapa Procera* DC

Provenances	Humidité (%)		Cendres totales (%)		Cendres sulfuriques (%)	
	Amande	Coque	Amande	Coque	Amande	Coque
N'Kountjila	4,74 ±0,07 ^b	11,08±0,44 ^b	4,46±0,10 ^{ab}	1,12±0,01 ^a	4,09±0,12 ^a	1,13±0,01 ^a
Koumabougou	4,57±0,12 ^b	10,9±0,28 ^b	5,04±1,09 ^a	0,99±0,01 ^{ab}	3,87±0,12 ^a	0,98±0,21 ^{ab}
Faraba2	4,17±0,09 ^c	10,82±0,11 ^b	3,57±0,22 ^b	0,92±0,05 ^b	3,86±0,12 ^a	0,79±0,13 ^b
Farako	5,43±0,09 ^a	11,86±0,27 ^a	4,10±0,10 ^{ab}	1,08±0,11 ^a	3,91±0,12 ^a	1,13±0,01 ^a

NB: Les valeurs se trouvant dans le tableau sont des valeurs moyennes de chaque paramètre (n = 3). Les moyennes d'une même colonne ne partageant pas les mêmes lettres sont significativement différentes ($P < 0,05$).

De l'analyse du tableau, il ressort que les coques sont plus riches en humidité que les amandes pour les échantillons de toutes les localités. Les teneurs en humidité des coques des

échantillons de N'Kountjila, Koumabougou et Faraba 2 n'ont pas montré de différence significative ($P < 0,05$), par

contre la plus élevée est donnée par celui de Farako (11,86 %).

De même, il n'y a pas de différence significative ($P < 0,05$) entre les humidités des amandes de N'Kountjila et Koumabougou, tandis que la plus grande (5,43 %) et la plus faible (4,17 %) sont enregistrées à Faraba 2 et à Farako respectivement.

Les teneurs en cendre totale et sulfurique de l'amande des différentes localités ne présentent pas de différence

significative ($p < 0,05$). Il en est presque de même pour les coques.

3.2 Détermination de la teneur en métabolites primaires et secondaires des échantillons de *Carapa procera* DC

Les teneurs en métabolites primaires et secondaires de l'amande de *Carapa procera* DC sont renseignées dans le tableau 2.

Tableau 2: Teneur des métabolites primaires et secondaires de l'amande du fruit de *Carapa procera* au Mali

Provenances	Lipides (%)	Glucides	Protéines	Alcaloïdes	Tanins	Indice de mousse
N'Kountjila	55±0,87 ^a	4,42±0,04 ^d	6,33±0,01 ^a	0,007±0,001 ^b	0,06±0,001 ^c	175,0±43,3 ^a
Koumabougou	53±0,50 ^a	4,83±0,20 ^c	6,02±0,01 ^b	0,009±0,00 ^a	0,09±0,008 ^b	120,37±8,02 ^{ab}
Faraba2	54,67±0,76 ^a	6,28±0,01 ^b	5,08±0,02 ^c	0,009±0,001 ^a	0,09±0,008 ^b	100±0,0 ^b
Farako	52,33±1,89 ^a	7,01±0,05 ^a	4,92±0,08 ^d	0,008±0,00 ^{ab}	0,12±0,001 ^a	177,8±19,2 ^a

NB: Les valeurs se trouvant dans le tableau sont des valeurs moyennes de chaque paramètre (n = 3). Les moyennes d'une même colonne ne partageant pas les mêmes lettres sont significativement différentes ($P < 0,05$).

Les résultats nous montrent qu'il n'y a pas de différence significative entre les teneurs en lipides des amandes des différentes localités ($p < 0,05$). Par contre les teneurs des amandes en protéines et glucides ont varié significativement selon la provenance ($p < 0,05$). Quant aux métabolites secondaires les teneurs ont varié différemment. Ainsi, les alcaloïdes n'ont pas présenté de différence significative, tandis que la plus grande concentration en tanin a été trouvée avec l'amande de Farako et la plus faible avec celle de N'Kountjila. Les amandes de Koumabougou et de Faraba 2 n'ont pas présenté de différence significative ($p < 0,05$).

L'indice de mousse pour les amandes de N'Kountjila et Farako sont les plus élevés et significativement différents de celle de Faraba 2 ($p < 0,05$).

3.3 Détermination des teneurs en sels minéraux de l'amande et de la coque du fruit de *Carapa procera* DC

Les teneurs en éléments minéraux présents dans l'amande et la coque de *Carapa procera* du Mali sont données dans le tableau 3.

Tableau 3: Teneur en sels minéraux de l'amande et de la coque du fruit de *Carapa procera*

Provenances	Sels minéraux (mg/g)											
	Mg		Na		K		Ca		Fe		Cu	
	A	C	A	C	A	C	A	C	A	C	A	C
N'Kountjila	1,22	2,15	0,9	2,93	2,86	2,95	0,47	4,53	1,02	1,08	0,12	0,37
Koumabougou	1,22	2,15	1,55	2,93	2,78	2,95	3,63	4,53	0,69	1,08	0,13	0,37
Faraba2	1,45	1,37	1,17	2,89	2,85	2,89	0,99	1,39	0,57	1,37	0,15	0,35
Farako	1,21	1,63	1,11	2,90	2,87	2,90	6,5	5,54	0,42	2,79	0,15	0,42
Besoin du jour	375 mg		1,5-2g		2 000 mg		800 mg		14 mg		1 mg	

Légende: A: Amande C: Coque

Les teneurs en éléments minéraux sont plus élevées dans la coque que dans l'amande. Par ailleurs, il n'y a pas de changement considérable de teneur en élément minéral dans l'amande ou la coque selon les différentes localités. Seuls le calcium (Ca) et le fer (Fe) font l'exception en montrant une disparité de leurs teneurs dans l'amande selon les localités. Ainsi, les taux les plus élevés de Ca dans l'amande sont de 6,5 et 3,93 mg/g à Farako et Koumabougou respectivement et les plus faibles sont de 0,47 et 0,99 à N'Kountjila et Faraba 2 respectivement. Les teneurs en cuivre sont les plus faibles (amande et coque) tandis que le potassium, et le calcium sont les sels qui ont les teneurs plus élevées.

4. Discussion

L'amande de *Carapa procera* collectée dans les quatre localités du Mali est caractérisée par l'humidité variant de 5,43 % à 4,17 % soit une moyenne de 4,73 % ; les cendres totales allant de 5,04 % à 3,57 % soit une moyenne de 4,29 % ; et les cendres sulfuriques allant aussi de 4,09 % à 3,86 % avec une moyenne de 3,93 %. La variation de la teneur en cendres sulfuriques entre les provenances a été faible (CV=2,03%), alors qu'elle a été considérée comme

moyenne pour les cendres totales (CV=10,3%) et l'humidité (CV=12,12%). Ces résultats ont montré qu'il n'y a pas de différence significative entre les teneurs en humidité et en cendres totales de l'amande (4,73 % vs 4,29 % respectivement). Ceci pourrait s'expliquer par les paramètres édaphiques et environnementaux des milieux où se développent les plantes. Par ailleurs, l'humidité des coques a varié de 11,86 % à 10,82 % soit une moyenne de 11,6 %. De même les cendres totales ont aussi varié de 1,12 % à 0,92 % avec 1,03 comme moyenne.

La variation de ces teneurs entre les provenances a été faible (CV=4,31% et CV=9,9% respectivement pour l'humidité et les cendres totales). Cependant, elle est restée assez importante pour les cendres sulfuriques (CV=18,18%). Par ailleurs, les teneurs en eau et en cendres totales de l'amande sont légèrement inférieures à celles de la moyenne de deux espèces douces de luffa trouvées par Haoua *et al.* (2005) ^[19] mais proche de celle des graines oléagineuses couramment utilisées au Sahel comme le sésame qui se situe entre 4,5 et 6 % (Sadou et Amoukou, 2002) ^[20]. D'autre part, la teneur en cendres totales de l'amande et de la coque est inférieure à celle du tourteau de *Carapa procera* (Nonviho, 2015 ;

Djenontin *et al.*, 2012b)^[19-20]. Par contre, celle de l'amande se rapproche de celle de la partie aérienne de *Cassia nigricans*, plante utilisée comme *carapa procera* dans le traitement des dermatoses trouvé par Mogode (2005)^[23], et est supérieure à celle du bois de Carapa (Nonviho, 2015)^[21]. Mais la teneur en cendres sulfuriques est inférieure aux données de Mogode (2005)^[23].

La teneur moyenne en lipides de l'amande a varié entre 55 % et 52,33 % soit une moyenne de 53,75 % ainsi, la variation de la teneur en lipides entre les provenances n'est pas assez forte (CV=3,57%). Elle reste supérieure aux valeurs fournies par Djenontin *et al.* (2012a) et Miralles (1983)^[24-25]. Ainsi, la teneur en lipides de l'amande a atteint 53% au Bénin (Djenontin, 2004)^[26], 57,7% au Sénégal (Diémé, 1992)^[27], 62,5% au Congo (Old et Kabele-Ngiefu, 1970^[28]) et 50,36% en Sierra Leone (Derbesy et Busson, 1968)^[29]. Ceci indique que la teneur en lipides de l'amande varie d'un pays à un autre. Cette variation de teneur entre les pays corrobore l'idée de Nonviho (2015)^[21] selon laquelle la période de récolte, la méthode d'extraction ainsi que d'autres paramètres édaphiques ou environnementaux liés à l'espèce peuvent influencer les rendements en huiles végétales.

La teneur moyenne en protéines totales et en glucides totaux dans l'amande a atteint en moyenne respectivement 5,59 % et 5,63 %. Cette valeur moyenne de protéines est proche de celle du *Detarium microcarpum* trouvée par Kouyaté *et al.* (2009)^[30], inférieure à celle de la graine d'*Irvingia gabonensis* (Kouamé *et al.*, 2015)^[31], mais supérieure à celle de la farine d'*Adansonia digitata* (Chadaré, 2010)^[32].

Par ailleurs, la teneur en lipide de l'amande de *Carapa procera* est largement supérieure à celles des graines oléagineuses conventionnelles comme coprah, palmiste, karité, arachide et le sésame (Nelson *et al.*, 2000, Lal *et al.*, 1983 et Wolf, 1968)^[33-34-35].

Quant aux glucides la teneur moyenne est conforme à celle de la graine d'*Irvingia gabonensis* mais inférieure à celles de *Ricinodendron heudelotii*, *Sesamum indicum* et de la graine des variétés de lin trouvées par Kouamé *et al.* (2015) et Natacha (2013)^[31-36].

L'amande de *Carapa procera* DC collectée dans quatre localités du Mali est constituée en moyenne de 0,008 % d'alcaloïdes, 143,29 d'indice de mousse et 0,09 % de tanins. La variation de la teneur en alcaloïdes entre les provenances est qualifiée moyenne (CV=12,5 %), alors qu'elle est assez importante pour l'indice de mousse (CV=22,57 %) et la teneur en tanin (CV=2,809 %). Ainsi, la présence des alcaloïdes et des tanins a été signalé dans les fruits de *Carapa procera* mais sans quantification par Forget et Kenfack (2008)^[37].

Par ailleurs, l'indice de mousse de l'huile de *Carapa procera* du Mali est inférieur aux valeurs fournies par la littérature (Dioum *et al.*, 2013, Djenontin *et al.*, 2012b, Matos *et al.*, 2009 et Mogode, 2005)^[38-39-40-23] ainsi qu'aux indices de saponification des huiles commerciales conventionnelles comme le soja, l'arachide et le coton et à ceux de *Irvingia gabonensis* et de *Ricinodendron heudelotii* (Kouamé *et al.*, 2015 et Tchiégang *et al.*, 2005)^[31-41]. Par contre, il est supérieur à celui de *Sesamum indicum* rapporté par Kouamé *et al.* (2015)^[31]. Cette huile, bien connue pour sa propriété anti-inflammatoire et son activité insectifuge, est utilisée dans la prise en charge de certaines maladies et la préservation des denrées alimentaires et employée dans la savonnerie par la population locale (Konan *et al.*, 2003)^[42].

D'autre part, la teneur moyenne en tanins de l'amande de *Carapa procera* est très inférieure à celles de *Lannea microcarpa*; *Sclerocarya birrea*; *Balanites aegyptiaca*; *Azadirachta indica*; *Ziziphus mauritiana*; *Combretum glutinosum* et *Anacardium occidentale* trouvées par Sérémé *et al.* (2008)^[43]. Cette présence des tanins expliquerait son utilisation dans le traitement des dermatoses et autres maladies car les tanins présentent aussi des propriétés antioxydantes, antibactériennes, et parfois calmantes.

Les teneurs des éléments minéraux de l'amande de nos échantillons sont toutes inférieures à celles de l'amande d'un cultivar d'*Anacardium occidentale* (Abalokoka *et al.*, 2014)^[44]. Par contre, les teneurs moyennes en fer, cuivre, et sodium sont supérieures à celles des moyennes des graines de deux espèces de *Luffa* tandis que celles du calcium, magnésium et potassium sont inférieures (Haoua *et al.*, 2005)^[19]. De même, celles du magnésium, potassium et sodium sont supérieures à celle de la farine d'*Adansonia digitata* (Chadaré, 2010)^[32].

Les valeurs moyennes des teneurs en éléments minéraux de la coque du fruit de *Carapa procera* sont comparables à celles retrouvées par Djenontin *et al.* (2012a) et Djenontin (2004)^[24-26] pour le calcium, le potassium, le magnésium, le sodium, le fer et le cuivre.

La présence des éléments minéraux pourrait être un facteur encourageant d'utilisation des tourteaux de *Carapa procera* comme complément alimentaire des bétails.

5. Conclusion

L'humidité du fruit de *Carapa procera* et surtout de l'amande n'est pas assez élevée sauf pour l'échantillon de Farako. Cette faible teneur pourra leur conférer une longue durée de conservation. Par ailleurs, la teneur en cendres totales de l'amande témoigne la diversité de ses éléments minéraux tels que Fe, Ca, Cu, K etc. d'autre part, l'amande de *Carapa procera* est très riche en huile et autres métabolites secondaires comme les tanins et les alcaloïdes. Ces caractéristiques pourraient être la raison de la demande surtout de l'huile de *Carapa procera* par les industries pharmaceutique (formation des os, coagulation sanguine, transmission nerveuse etc.) et cosmétique.

6. Conflit d'intérêt

Les auteurs déclarent sur l'honneur que cette étude ne fait l'objet d'aucun conflit d'intérêt.

7. Remerciements

Nous remercions Danida à travers le projet qualitee pour son appui financier de cette étude.

8. Références

1. Weber N, Birnbaum P, Forget PM, Gueye M et Kenfack D. L'huile de Carapa (*Carapa* spp. Meliaceae) en Afrique de l'Ouest: utilisations et implications dans la conservation des peuplements naturels. *Fruits*. 2010;65(6):343-354. <https://doi.org/10.1051/fruits/2010029>.
2. Forget PM, Poncy O, Thomas RS, Hammond DS, Kenfack D. A new species of *Carapa* (Meliaceae) from Central Guyana. *Brittonia*. 2009;61(4):366-374. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12228-009-9090-z>
3. Dembélé U, Lykke AM, Koné Y, Témé B, Kouyaté AM. Use-value and importance of socio-cultural

- knowledge on *Carapa procera* trees in the Sudanian zone in Mali. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*. 2015, 11-14. DOI:10.1186/1746-4269-11-14.
4. Ambé GA. Les fruitiers sauvages comestibles des savanes guinéennes de la Côte d'Ivoire : état de la connaissance par la population locale, les Malinkés. *Biotechnologie, Agronomie, Société, Environnement*. 2001;5(1):43-58. ISSN 1370-6233 E-ISSN 1780-4507.
 5. Sanogo S, Sacandé M, Van Damme P, et N'Diaye I. Caractérisation, germination et conservation des graines de *Carapa procera* DC. (Meliaceae), une espèce utile en santé humaine et animale. *Biotechnologie, Agronomie, Société, Environnement*. 2013;17(2):321-331. DOI : 000320130900003 <http://hdl.handle.net/1854/LU-4343544>.
 6. Pangou SV, de Zoysa N, Gema L. Comparison between field performance of cuttings and seedlings of *Carapa procera* DC. (Meliaceae). *International Research Journal of Plant Science* (ISSN: 2141-5447). 2011 ;2(9):281-287. <http://www.interesjournals.org/IRJPS>
 7. Arbonnier M. Arbres, arbustes et lianes des zones sèches d'Afrique de l'Ouest. Montpellier : CIRAD, MNHN. 2000, 541.
 8. Cook JA, Vanderjagt DJ, Pastuszyn A, Mounkaila G, Glew RS, Millson M. Nutrient and chemical composition of 13 wild plant foods of Niger. *J. Food Comp. Anal.* 2000;13:83-92. DOI : 10.1006/jfca.1999.0843
 9. Tounkara A. Etude de l'activité hépato protectrice de deux plantes médicinales du Mali. Thèse de Pharmacie de la faculté de Médecine, de Pharmacie et d'Odontostomatologie (FMPOS) de l'Université de Bamako. 2006.
 10. AFNOR (Association française de normalisation), 1981-1982. Recueil des normes françaises. Corps gras, graines oléagineuses, produits dérivés. NF 03-720, NF VO3-903, NF T60-204, NF T 60-223, NF T 60-205 et NF T60-203. Paris, la Défense.327 p.
 11. DuBois M, Gilles K, Hamilton J, Rebers P, Smith F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analytical Chemistry*. 1956;28(3):350-356.
 12. Oomah BD, Kenaschuk EO, Cui W, et Mazza G. Variation in the composition of water-soluble polysaccharides in flaxseed. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 1995;43:1484-1488. DOI : <https://doi.org/10.1021/jf00054a013>
 13. Makalao MM, Savadogo A, Zongo C, Traoré AS. Composition nutritionnelle de 10 fruits sauvages consommés dans trois départements du Tchad. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 2015;9(5):2385-2400. <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v9i5.11>
 14. Mariotti F, Tomé D, Mirand P. Converting Nitrogen into Protein-Beyond 6.25 and Jones' Factors. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2016;48(2):177-184. <https://doi.org/doi:10.1080/10408390701279749>
 15. Narasimhan S et Shanta M., 2003. Méthode spectrophotométrique pour l'estimation des alcaloïdes précipitables par le réactif de Dragendorff dans un matériel végétal. *Journal International AOAC* volume.86, N°6. 1124-1127.
 16. Walailuck B, Yuwadee P, Duangta K, Jeereporn P, Chayakorn P, Utan J. Antioxidant Activity of some Seaweed from the Gulf of Thailand. *International Journal of Agriculture and Biology*. 2011;13:95-99.
 17. Walid Khitri, Nassima Lachgueur, Abdessamed Tasfaout, Abderrahmene Lardjam *et ali* Khalfa. Plantes anti lithiasiques utilisées en médecine traditionnelle dans la ville d'Oran, Algérie. *Revue d'ethnoécologie*. 2016. DOI: <https://doi.org/10.4000/ethnoecologie.2511>
 18. Haoua S, Hassimi S, Mahamane S, Claude-Louis L. Composition Chimique globale des graines et caractéristiques physico-chimiques des huiles de *Luffa aegyptiaca* et de *Luffa cylindrica* du Niger. *J. Soc. Ouest-Afr. Chim.* 2005;020:119-133.
 19. Sadou H, et Amoukou I A. Détermination de la composition chimique de diverses variétés de sésame classées selon la couleur du tégument séminal. *J. Soc. Ouest-Afri. Chim.* 2002;014:115-125.
 20. Nonviho G. Valorisation Chimique de la Biomasse Oléagineuse d'Origine Béninoise : *lophira lanceolata* et *Carapa procera*. Thèse de doctorat/Université Abomey Calavi-UL, 2015, 178.
 21. Djenontin ST, Wotto VD, Avlessi F, Paul L, Sohounloulou DC. K et Pioch D. Composition de *Azadirachta indica* et *Carapa procera* (Meliaceae) des huiles de graines et tourteaux obtenus après extraction de l'huile. *Industrial Crops and Products*. 2012a;38(1):39-45. DOI: 10.1016/j.indcrop.2012.01.005
 22. Mogode DJ. Etude phyto chimique et pharmacologique de *Cassia nigricans* Vahl (Caesalpiniaceae) utilisé dans le traitement des dermatoses au Tchad. Thèse de Doctorat de la Faculté de Médecine de Pharmacie et d'Odonto-Stomatologie de l'Université de Bamako. 2005, 166.
 23. Djenontin ST, Dahouénon-AE, Dangou J, Wotto VD, Avlessi F, Lozano P. Fractionnement des graines et composition biochimique des coques de quatre oléagineux acclimatés au Bénin. *Journal de la Société Ouest-Africaine de Chimie*, 2012b;N°033:28-34. ISSN 0796-6687
 24. Miralles J. Recherche de nouvelles ressources en huiles végétales. *Oléagineux*. 1983;38(12):665-667.
 25. Djenontin ST. Beninese Oil seeds Study in Order to Support their Benign. *Exploitation OLEA- Provisional Report*. 2004, 23.
 26. Diémé S. Contribution to the Study of the Traditional Pharmacopeia Diola: Ethnopharmacologic Investigation in the Blouf (Casamance): Particular Study of *Carapa will Procera*. *Theses Méd. Univ. Dakar*. 1992, 66.
 27. Old AS, Kabele-NC. Study of some oleaginous species of the democratic republic of Congo. *Oil seeds*. 1970;7:395-399.
 28. Derbesy, Busson F. Greasy Substances of Some Plant Species of the West African. *Oil seeds*.1968;23(3):191-193.
 29. Kouyaté AM, Van Damme P, De Meulenaer B, Diawara H. Contribution des produits de cueillette dans l'alimentation humaine. Cas de *Detarium microcarpum* afrika focus. 2009;22Nr:77-88. DOI : <https://doi.org/10.1163/2031356X-02201007>
 30. Kouamé NM, Soro K, Mangara A, Diarrassouba N, Coulibaly AV, et Boraud NKM. Étude physico-chimique de sept (7) plantes spontanées alimentaires du

- centre-ouest de la Côte d'Ivoire. Journal of Applied Biosciences. 2015 ;90:8450-8463. ISSN 1997-5902.
31. Chadaré FJ. Baobab (*Adansonia digitata* L.) foods from Benin : composition, processing and quality. Thèse de doctorat, Wageningen. University, Pays-Bas. 2010, 182.
 32. Nelson RG, Valeria N, Carlos AG. Chemical composition of some wild peanut (*Arachis* L.) seeds. J. Agric. Food Chem. 2000;48(3):806-809.
 33. Lal BM, Datta N, Madaan TR. A study of kernel oils of some cultivated cucurbits. Qual plant foods hum nutr. 1983;32:83-85. DOI: 10.1007/bf01093933.
 34. Wolf JP. Manuel d'analyse des corps gras : Matières protéiques. Paris : Ed Azoulaye. 1968, P552.
 35. Natacha R. Etude comparative de trois procédés d'extraction d'huile : aspects qualitatifs et quantitatifs : application aux graines de lin et aux pépins de raisin. Université de Technologie, Compiègne. 2013, 255.
 36. Forget P.M. and Kenfack D. Carapa.org. A website dedicated to trees in the genus Carapa (Meliaceae). Taxinomy, biology, ecology and uses. Muséum National d'Histoire Naturelle, Brunoy, France, 2008, 77.
 37. Dioum MD, Seck M, Sy GY, Faye JM, Sarr A, Faye B. Activité anti-inflammatoire de la graine de Carapa procera (Meliaceae). Revue CAMES-Sciences des Structures et de la Matière. 2013;1:17-28.
 38. Matos L, Nzikou JM, Matouba E, Pandzou YVN, Guembot AT, Linder M. Studies of Irvingia gabonensis Seed Kernels: Oil Technological Applications. Pakistan Journal of Nutrition. 2009;8(2):151-157.
 39. Tchiegang C, Aboubakar D, Kapseu C, et Parmentier M. Optimisation de l'extraction de l'huile par pressage des amandes de Ricinodendron heudelotii Pierre ex Pax. Journal of Food Engineering. 2005;68(1):79-87. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.05.025>
 40. Konan YL, Sylla MS, Doannio JMC, Traoré S. Comparison of the effect of two Excipients (karite nut butter and vaseline) on the efficacy of *Cocos nucifera*, *Elaeis guineensis* and *Carapa procera* oil-based repellents formulations against mosquitoes biting in Ivory Coast. Parasite. 2003;10:181-184.
 41. Sérémé A, Millogo RJ, Guindo S, Nacro M. Propriétés Thérapeutiques des Plantes à Tanins du Burkina Faso. Pharmacopée et Médecine traditionnelle Africaines. 2008;15:41-49(2),41-49.
 42. Abalokoka EY, Bilabina I, Tchaou MN, Osseyi OG, Lamboni C. Valeur Nutritionnelle et Biochimique de l'amande d'un cultivar d'*Anacardium occidentale* (Anacardiaceae). Science Lib Edition Mersenne. 2014;6 N°:140105.