



Caractérisation du tourteau et de l'huile d'amande détoxifiée d'hévéa (*Hevea brasiliensis*) de la localité de Man (Côte d'Ivoire)

Bamba Soualiho^{1,*}, Kassi A. Brise Benjamin², Jean-Claude N'Guessan Yao¹, Adima Amissa Augustin¹

¹Laboratoire des Procédés Industriels de Synthèses, de l'Environnement et des Energies Nouvelles (LAPISEN), Institut National Polytechnique Felix HOUPHOUËT-BOIGNY, Yamoussoukro-BP 1093, Côte d'Ivoire

²Laboratoire de Constitution et Réactions de la Matière (LCRM), Université Felix HOUPHOUËT-BOIGNY, 01 BP V34 Abidjan 01, Côte d'Ivoire

Reçu : 13 Février 2024 / Reçu sous sa forme révisée : 29 Mai 2024 / Accepté : 19 Juin 2024

Résumé :

Les graines d'hévéa contiennent des amandes amères connues pour leur richesse en nutriments. Malgré ce riche potentiel, elles sont sous exploitées à cause du taux élevé en cyanures contenu dans l'amande (> 50 mg/Kg d'HCN). Un taux de cyanures qui n'est pas conforme aux recommandations des normes alimentaires. En Côte d'Ivoire, 90% de la production sont abandonnés dans les plantations à cause de ce problème, soit 75.000 à 10.0000 tonnes de graines d'hévéa qui pourraient être valoriser par an. Dans ce travail, les amandes ont été détoxifiées par hydrolyse des glycosides cyanogènes ce qui a permis de réduire le taux de cyanures des amandes de 2712,4 mg/kg à 0,38 mg/kg. L'huile extraite à partir des amandes détoxifiées et les tourteaux obtenus ont été caractérisés par diverses méthodes physiques, chimiques et biologiques. Les profils en acides gras essentiels et en vitamines (A, B et E) de l'huile ont été évalués. Il ressort de cette étude que l'huile est riche en acides gras oméga-6 et oméga-3. Elle pourrait donc être utilisée pour enrichir l'huile de palme raffinée aux fins de juguler les risques cardiovasculaires dus à sa consommation. Les analyses ont permis de mettre en évidence les acides aminés essentiels présents dans les tourteaux. Le but de cette étude est de valoriser les graines d'hévéa dans l'alimentation et le cosmétique. Et ce, afin de promouvoir l'économie circulaire dans le secteur de l'hévéa en Côte d'Ivoire, respectivement 1^{ère} et 3^{ème} producteur africain et mondial de latex d'hévéa.

Mots-clés : Amandes amères ; Détoxification cyanogène ; Huile d'hévéa ; Acides gras oméga-3 ; Tourteau d'hévéa.

*Auteur correspondant:

Adresse e-mail: soualihobamba81@gmail.com (S. Bamba)

Abstract:

Hevea seeds contain bitter kernels known for their rich nutrient content. Despite this rich potential, they are under-exploited because of the high level of cyanides contained in the kernels (> 50 mg/kg of HCN). This level of cyanides does not comply with recommended food standards. In Côte d'Ivoire, 90% of production is abandoned on plantations because of this problem, representing 75,000 to 100,000 tons of rubber seeds that could be recycled each year. In this study, the kernels were detoxified by hydrolysis of the cyanogenic glycosides, which reduced the cyanide content of the kernels from 2712.4 mg/kg to 0.38 mg/kg. The oil extracted from the detoxified kernels and the oilcake obtained were characterized by various physical, chemical and biological methods. The essential fatty acid and vitamin (A, B and E) profiles of the oil were assessed. The study showed that the oil is rich in omega-6 and omega-3 fatty acids. It could therefore be used to enrich refined palm oil to reduce the cardiovascular risks associated with its consumption. The analyses highlighted the essential amino acids present in the oilcake. The aim of this study is to add value to rubber tree seeds in food and cosmetics. The aim is to promote the circular economy in the rubber tree sector in Côte d'Ivoire, which is Africa's 1st and the world's 3rd largest rubber tree producer.

Keywords: Bitter almonds; Cyanogen detoxification; Rubber oil; Omega-3 fatty acids; Rubber cake.

1 Introduction

La Côte d'Ivoire est un pays dont l'économie repose essentiellement sur son agriculture. Ce pays connaît un développement du secteur hévéicole [1]. Cela a fait de lui le premier exportateur de latex d'hévéa au niveau africain et le 3^{ème} fournisseur mondial de caoutchouc naturel. Cependant, ce secteur de l'hévéa connaît encore des manquements quant à la valorisation des graines d'hévéa [2], malgré qu'elles soient riches en nutriments (44% de lipides) avec un tourteau également riche en protéines. En dépit de tout ce potentiel que possède l'amande d'hévéa, 90% de la production en graines restent abandonnées dans les plantations en Côte d'Ivoire, soit 75.000 à 100.000 tonnes/an de graines d'hévéa à valoriser [3]. Cependant, avant toute forme de valorisation, ces graines

doivent être détoxifiées en réduisant leur teneur en cyanures. L'une des raisons qui a motivé cette étude est la recherche des oléagineux riche en oméga-3, dans le but de faire face aux risques cardiovasculaires qui émanent de la consommation d'huile de palme raffinée, une huile qui demeure la plus consommée à travers le monde [4]. En Côte d'Ivoire, la culture du palmier à huile reste un levier essentiel pour l'économie. Cette culture permet d'amortir l'économie du pays lorsque le prix du binôme café-cacao baisse [5]. Une solution face aux nombreux défis (nutritionnel, environnemental) engendrés par l'utilisation de l'huile de palme [6], serait la recherche d'autres huiles végétales non-conventionnelles provenant de la flore ivoirienne. C'est dans ce contexte que les

graines d'hévéa (*Hevea brasiliensis*) qui sont oléagineuses ont été étudiées dans ce travail. L'étude cyanogénétique menée sur l'amande d'hévéa a montré que le séchage du matériel végétal ne suffit pas, pour produire des extraits consommables ou exploitables en cosmétique, car malgré le séchage prolongé des graines (six mois environ), la teneur résiduelle en cyanures est de $620,4 \pm 2,1$ mg/kg [7]. C'est pourquoi, l'amande d'hévéa sera dans un premier temps détoxifiée par hydrolyse des glycosides cyanogènes, en particulier l'amygdaline. En effet, ce composé détient la quasi-totalité des cyanures à l'état de combinaison dans l'amande amère. L'hydrolyse des glycosides cyanogènes permet de libérer les cyanures à l'état d'acide cyanhydrique [8]. Selon les données de la FAO/WHO [9], la dégradation complète de 1 g d'amygdaline libère 59 mg d'HCN. Par ailleurs, l'hydrolyse a montré son efficacité dans la détoxification du manioc cyanogène [10].

Le présent travail fait suite à celui précédemment entrepris [11]. L'huile et le tourteau issus des amandes détoxifiées feront l'objet de caractérisations physiques, chimiques et biochimiques. Ainsi, les différents paramètres obtenus permettront d'évaluer les possibilités de valorisation des graines d'hévéa dans divers domaines (alimentaire, cosmétique et pharmaceutique).

2 Matériel et méthodes

2.1 Matériel

2.1.1 Matériel végétal

Le matériel végétal est constitué des graines d'hévéa « *Hevea brasiliensis* » de la

famille des « Euphorbiacées ». Le clone utilisé est le clone PB*260 présenté à la figure 1. Les graines collectées proviennent des plantations du Centre National de Recherches Agronomiques (CNRA) de Man (Côte d'Ivoire). Cette localité est située à l'ouest de la Côte d'Ivoire et est l'une des trois zones d'expansion de la culture d'hévéa. Le choix du clone PB*260 dans cette étude a été motivé à cause de son bon rendement à l'hectare [12]. Ces graines ont été collectées puis séchées au soleil sur des claies, pendant environ 2 semaines afin d'éviter leur possible dégradation liée aux moisissures et autres activités enzymatiques indésirées. Les travaux d'échantillonnage ont été réalisés au Laboratoire LAPISEN de l'Institut National Polytechnique Félix HOUPHOUET-BOIGNY de Yamoussoukro.



Fig. 1. Graines d'hévéa.

2.1.2 Matériel technique

Les réactifs et solvants utilisés, d'une pureté supérieure ou égale à 98%, sont divers et proviennent respectivement de ACROS Organics, de Sigma-Chemical Co, USA et de Sigma-ALDRICH®. Ce sont, l'hexane, l'acide chlorhydrique, l'acide sulfurique, le nitrate d'argent, l'acide

acétique, le palmitate de rétinol, l' α -tocophérol, l'acide gallique, le diiode, le trichlorure d'iode, le tétrachlorure de carbone, les réactifs de Wijs et de Folin Ciocalteu, l'acide oxalique, l'acide acétique glacial, l'empois d'amidon, l'acide picrique (solution 0,9-11%), le carbonate de sodium, l'iodure de potassium, le méthanol, et l'acétonitrile.

2.2 Méthodes

2.2.1 Méthodes de détoxification

Deux grammes de broyat d'amandes séchées sont macérés (60 tr/min) à 90°C dans 30 mL d'eau distillée pendant 45 à 60 min. Ensuite le macérât est essoré puis séché à température ambiante (environ 37°C) pendant 24 h. Enfin, le macérât est cuit à la vapeur d'eau en 1 h avec un ratio de 1 g/10 mL, et refroidi à l'air libre pendant 24 h. La quantification des cyanures totaux a été faite selon la norme internationale NT ISO 2164-1975, relative aux dosages des hétérosides cyanogènes dans les légumineuses [13]. Le dosage des cyanures libres a été réalisé par spectrophotométrie à 540 nm en suivant la méthode décrite par Rezaul Haque et Howard Bradbury [14]. A l'aide d'un papier micro-sodé préalablement préparé (acide picrique 1,2% + Na₂CO₃ à 5%), des solutions colorées de cyanures de sodium sont obtenues. Ce qui permet le dosage colorimétrique des cyanures libres issus de la macération.

2.2.2 Méthodes d'extractions

L'extraction d'huile par macération a été faite à chaud (60°C) dans l'hexane (1

g/10 L), selon la méthode décrite par Rombaut [15]. Après filtration, le solvant a été évaporé sous pression réduite à l'aide d'un évaporateur rotatif à 40°C afin de récupérer l'huile. Les essais ont été réalisés en triple.

Une deuxième méthode d'extraction a été réalisée à savoir, l'extraction au Soxhlet. Le solvant utilisé est l'hexane à 60°C (1 g/10 L). Après 8 h d'extraction, le solvant est évaporé à l'aide d'un évaporateur rotatif.

2.2.3 Méthodes de caractérisation

2.2.3.1 Caractérisation du tourteau

Les paramètres évalués sont la teneur en protéines et son profil en acides aminés. La teneur en protéines a été obtenue suivant la méthode de Kjeldahl [16], puis au moyen d'un Microscope Electronique à balayage couplé à un spectromètre à fluorescence X (MEB-EDX) de type SH-4000M. Le but était de comparer les deux méthodes.

Le profil en acides aminés essentiels du tourteau a été déterminé par HPLC (Chromatographie en Phase Liquide Haute Performance). La pompe HPLC était connectée à une colonne C18 de type Spherisorb ODS-2 (4,6mm x 250 mm, Waters, USA). Les échantillons ont été dissous dans l'acide chlorhydrique. Le solvant d'élution de la phase mobile était constitué de méthanol/eau (50/50 ; V/V) et un débit constant de 1,2 mL/min, la longueur d'onde est 254 nm. Un volume de 20 μ L de l'extrait à doser dans un Vial : 25, est injecté dans la colonne C18. L'intégration des surfaces ne dure que

20 minutes. Le témoin étant l'acide aminé essentiel à identifier. La teneur du composé à identifier est donnée par l'équation (1).

$$T(\%) = (\text{Aire E} \times mP \times 100) / (\text{Aire T} \times mT) \quad (1)$$

Aire E : Surface de l'essai

mP : masse de l'essai en gramme (g)

Aire T : Surface du Témoin

mT : masse du Témoin en gramme (g)

2.2.3.2 Caractérisation de l'huile

Le profil en acides gras et en vitamines (A, B et E) de l'huile a été déterminé par HPLC. Le protocole utilisé est le même que précédemment. Pour les vitamines, la méthode est celle de la norme ISO 14565 : 2000 [17]. 2 g d'huile ont été mélangés au 2,2,4-triméthylpentane. La longueur d'onde considérée est de 260 nm, et l'élution est réalisée dans un mélange méthanol/acétonitrile (50/50 ; V/V). La composition chimique en acides gras essentiels a été déterminé selon la méthode d'analyse HPLC décrite ci-dessus, en utilisant comme solvant d'élution, un mélange méthanol/eau (50/50 ; V/V). Mais avant l'analyse HPLC, les extraits d'huile ont tout d'abord été homogénéisés dans de l'eau chaude à une température comprise entre 40°C et 60°C, afin de les rendre limpides. Ensuite une quantité est prélevée et diluée en y ajoutant de l'acétate d'éthyle. Un aliquote de cette solution diluée a été extraite avec l'étalon interne, puis évaporé à sec sous azote. Dans le résidu sec obtenu, on ajoute du méthanol (1 g pour 20 ml) en vue d'avoir une solution pour l'analyse HPLC.

La teneur en composés phénoliques de l'huile détoxifiée a été déterminée dans la fraction insaponifiable de l'huile en suivant

la méthode au Folin-Ciocalteu décrite par Albano et Miguel [18]. Le dosage a été réalisé au spectrophotomètre UV-Visible à 760 nm. La teneur en polyphénols est obtenue à l'aide d'une droite d'étalonnage d'acide gallique réalisée à différentes concentrations (20 ; 15 ; 12 ; 10 ; 8 ; 6 ; 4 ; 2 et 1 $\mu\text{L/mL}$). La teneur en polyphénols totaux des échantillons d'huile (Q), exprimée en microgramme d'équivalent acide gallique par gramme d'huile ($\mu\text{EAG/g}$ d'huile), est calculée à l'aide de l'équation (2).

$$Q = (V \times C \times d) / m \quad (2)$$

V : Volume final de l'extrait (ml)

C : Concentration de l'extrait obtenue avec la courbe d'étalonnage ($\mu\text{g/mL}$)

d : degré ou facteur de dilution

m : masse d'huile de la prise d'essai (g)

Les paramètres chimiques et physiques tels que, l'indice d'acide, l'indice d'iode, l'indice de réfraction, l'indice de peroxyde, la viscosité et la densité de l'huile d'hévéa ont également été déterminés. La viscosité a été mesurée à 20°C au moyen d'un viscosimètre numérique de type IKA ROTAVISC lo-vi. La densité (ou masse volumique) est obtenue selon la norme AFNOR NF T60-214 de 1984 [19]. En pratique, 1 mL d'huile a été prélevé puis pesé directement sur une balance de précision 10^{-3}g .

La mesure de l'indice de réfraction a été effectuée à l'aide d'un réfractomètre, en suivant la méthode décrite par la norme AFNOR T60-212 de 1984 [20]. Le réfractomètre est étalonné avec de l'eau distillée. Avant son introduction dans le moule de l'appareil, l'huile est préalablement chauffée à 40°C pendant 30 minutes.

Les paramètres chimiques ont été déterminés selon les méthodes standards. L'indice d'iode a été déterminé selon la norme AFNOR NF T60-203 de 1984 [21]. L'indice d'acide de l'huile d'hévéa a été déterminé selon la norme AFNOR NF T60-204 de 1984 [22]. Le taux d'acide gras libres (AGL) présents dans les échantillons d'huile a été également déterminé. Quant à l'indice de peroxyde, il a été déterminé selon la méthode AFNOR NF T60-220 de 1984 [23]. L'indice de saponification a été déterminé par la méthode AFNOR NF T60-206 de 1984 [24].

3. Résultats et discussion

3.1 Résultats de détoxification de l'amande

Les résultats de détoxification sont présentés dans le tableau 1. Le dosage des cyanures totaux de l'amande d'hévéa brute a donné une teneur de 2712,4 mg/kg d'HCN. Cette teneur est très élevée dans le contexte alimentaire [25]. Selon les normes de la FAO [26] et de la CEAEEQ [27], les taux de cyanures du tourteau et de l'huile extraite des amandes amères doivent être

inférieurs respectivement à 50 mg/kg d'HCN et à 30 mg/kg d'HCN. Les amandes d'hévéa brutes sont plus cyanogènes que l'abricot et le tubercule de manioc *Yacé* dont les taux de cyanures sont respectivement de 2545 mg/kg et 200 mg/kg d'HCN [10, 28]. Cependant, elles sont moins cyanogènes que les graines de lin (*linum usitatissimum*) qui ont un taux en cyanures de 5000 mg/kg d'HCN [29]. Après détoxification, les amandes d'hévéa ne contiennent plus que 0,38 mg/kg d'HCN. Dans ces conditions, l'huile et le tourteau issues de celles-ci (amandes détoxifiées) pourraient être considérés comme non toxiques [10, 28].

Les résultats obtenus dans le présent travail, révèlent que l'amande d'hévéa brute est riche en protéines, avec une teneur estimée à 41,125 g pour 100 g. Toutefois, cette teneur a été réduite à 31,563 g pour 100 g par le procédé de détoxification employé, soit une perte de 9,562 g pour 100 g de broyat. La teneur en matière grasse des graines d'hévéa est de 46,1%. Cela confirme leur caractère oléagineux. Cette valeur est comparable à celle obtenue par Ocho et *al.* (44%) [30].

Tableau 1

Résultat de détoxification cyanogènes de l'amande d'hévéa.

Paramètres chimiques	Avant détoxification	Après détoxification	Quantité éliminée
Taux de cyanure (mg/kg)	2712,4	0,38	2712,02
Teneur en protéine (g/100 g)	41,125	31,563	9,562
Teneur en matière grasse (%)	46,1	38,9	7,2

3.2 Rendement d'extraction d'huile des graines d'hévéa

Le tableau 2 présente les différents rendements en 6 h d'extraction. La méthode au Soxhlet présente le meilleur rendement (28,1% ; 6 h), comparé à la macération à chaud (18,1% ; 6 h). La macération présente non seulement l'inconvénient de conduire à un faible rendement, mais également de ne pas être simple dans la mise en œuvre.

3.3 Caractéristique biochimique du tourteau détoxifié d'hévéa

Le profil en acides aminés essentiels du tourteau détoxifié a été déterminé afin d'évaluer sa valeur nutritionnelle. Les résultats de cette analyse réalisée par HPLC sont consignés dans le tableau 3. Différents acides aminés ont été identifiés, à savoir : la lysine, la tryptophane, l'acide glutamique, la proline, l'histidine et la glycine, qui sont très utiles pour l'organisme quant à la synthèse des

protéines [31]. La présence de ces acides aminés confirme la qualité protéique du matériel végétal telle que révélée par Alain et al. [32]. La lysine par exemple constitue une source d'énergie pour l'organisme [31]. Dans le tourteau détoxifié d'hévéa, la teneur en lysine obtenue est de 173,6 mg 100 g. Sur les six acides aminés le plus abondant est le tryptophane (230,2 mg pour 100 g) qui est un des précurseurs de la sérotonine et permet de ce fait, de lutter contre les troubles dépressifs. Au regard de leur profil en acides aminés essentiels, les tourteaux détoxifiés pourraient être utilisés dans la formulation d'aliments pour les animaux.

3.4 Caractéristiques de l'huile détoxifiée d'hévéa

L'huile d'hévéa obtenue par macération ou au Soxhlet est de coloration jaune (Figure 2). Les caractéristiques chimiques et physiques de l'huile d'hévéa détoxifiée déterminées dans le présent travail sont présentées dans le tableau 4.

Tableau 2

Rendement d'extraction d'huile d'hévéa en 6 heures.

N° d'essai	Méthode au Soxhlet (6 h, 1 g/ 10 L)	Méthode par macération (6 h, 60°C, 50 tr/min, 1 g/10 L)	Teneur en matière grasse
M1	29,17%	18,15%	
M2	28,75%	17,82%	38,9%
M3	26,23%	18,31%	
	(28,1 ± 2)%	(18,1 ± 0,2)%	



Fig. 2. Huile d'hévéa

3.4.1 Caractéristiques chimiques

L'indice d'acide de l'huile détoxifiée d'hévéa est de 2,16 mg KOH/g. Cette valeur est inférieure à 4 mg KOH/g qui est la limite supérieure des huiles comestibles [7, 33]. La faible valeur de l'indice d'acide obtenue montre que l'huile détoxifiée d'hévéa à un faible niveau de dégradation des triglycérides. Par conséquent, elle pourrait être conservée sur une longue période [34].

Pour l'indice de peroxyde, la valeur obtenue est de 6,16 mEq O₂/kg. La valeur limite de référence pour cet indice est de

15 mEq O₂/kg [34]. Toutefois, la limite acceptable pour les huiles conventionnelles est de 10 mEq O₂/kg d'huile [35]. La faible valeur de l'indice de peroxyde traduit une faible oxydation primaire de l'huile [34]. De plus, elle pourrait être classée au rang des huiles conventionnelles. L'indice d'iode de l'huile détoxifiée d'hévéa est de 81,22 g I₂/100 g. Cet indice qui renseigne sur le taux d'insaturations des acides gras d'une matière grasse, montre que l'huile d'hévéa est riche en acides gras insaturés [36]. De plus, cette huile est non siccative puisque son indice d'iode est inférieur à 110 g I₂/100 g [37].

Tableau 3

Composition en acides aminés des tourteaux d'hévéa.

Acides aminés	Composition (mg/100 g)
Lysine	173,6
Acide glutamique	100,1
Proline	104,8
Tryptophane	230,2
Histidine	14,3
Glycine	79,9

Tableau 4

Caractéristiques physiques et chimiques de l'huile détoxifiée d'hévéa.

Caractéristiques physiques	
Paramètre	Valeur
Viscosité (mPa s) à 20°C	51,2
Indice de réfraction	1,463
Densité par rapport à l'eau	0,87
Caractéristiques chimiques	
Paramètre	Valeur
Indice d'iode (g I ₂ /100 g)	81,22
Indice d'acide (mg KOH/g)	2,16
Indice de peroxyde (mEq O ₂ /kg)	6,16
Indice de saponification (mg KOH/g)	204,17
Teneur en polyphénols (µg EAG/g)	39,6

Au regard de ce qui précède, l'huile d'hévéa détoxifiée pourrait être utilisée pour la cuisson des aliments. Cependant, contrairement aux présents résultats, Ocho et *al.* [30] ont montré que l'huile d'hévéa était une huile siccative. Comparée à l'oléine de palme dont l'indice d'iode est compris entre 51 et 59 g I₂/100 g [36], l'huile d'hévéa détoxifiée posséderait donc un taux élevé d'acides gras essentiels. L'indice de saponification de l'huile d'hévéa détoxifiée (204,17 mg KOH/g) est très proche de celui de l'huile de palme non raffinée qui est de 205 mg KOH/g [6]. Cet indice rend compte de la longueur des chaînes hydrocarbonées des acides gras. Plus il est élevé plus les chaînes sont courtes. En se référant à la norme du Codex de 2015 sur les huiles brutes (non raffinées) [33], l'huile d'hévéa contiendrait plus d'acides gras insaturés (AGI) que l'huile de noix de coco (248 – 265 mg KOH/g) et l'huile de palmiste (230 - 254 mg KOH/g), qui ont leurs indices plus élevés. Alors que les huiles de tournesol (188 – 194 mg KOH/g) et de Colza (168-181 mg KOH/g) seraient plus riches en AGI que l'huile d'hévéa. La teneur en polyphénols de l'huile d'hévéa détoxifiée est de 39,6 µg EAG/g d'huile. Ces composés organiques jouent un rôle essentiel dans la stabilité des huiles lors du stockage, surtout pour leur commercialisation [38]. De plus, les polyphénols présentent des propriétés antimicrobiennes, hypolipidémiques, hypocholestérolémiantes, anticancérogènes, antioxydantes, etc. [39, 40].

3.4.2 Caractéristiques physiques

La densité par rapport à l'eau obtenue de l'huile d'hévéa est de 0,87. Elle est

proche de celle de l'huile de palme raffinée (0,9) [36]. Il est donc possible de mélanger ces deux huiles et obtenir une phase homogène à des fins de formulation. L'indice de réfraction de l'huile d'hévéa détoxifiée est égal à 1,463. Cet indice peut être utilisé pour l'analyse de la qualité d'une huile et de l'évaluation du degré d'insaturations. Plus l'indice de réfraction est élevé, plus l'huile a un degré d'insaturation élevé et une faible teneur en acides gras.

L'indice de réfraction de l'huile d'hévéa détoxifiée est comparable à ceux de la plupart des huiles végétales [36].

La viscosité de l'huile d'hévéa détoxifiée est égale à 51,2 mPa s (à 20°C). Elle est légèrement plus faible que celle de l'huile de palme [41].

3.4.3 Composition en Vitamines

L'huile d'hévéa détoxifiée est riche en vitamines A, B et E (Tableau 5). Elle contient également les vitamines hydrosolubles B3 (54 mg/100 g), B6 (30,3 mg/100 g) et B12 (26,8 mg/100 g) ainsi que les vitamines liposolubles A (52,2 mg/100 g) et E (78,2 mg/100 g). Les résultats obtenus montrent que l'huile d'hévéa est plus riche en vitamine B6 (30,3 mg/100 g) que certains fruits notamment la banane (0,4 mg/100 g) et l'avocat (0,3 mg/100 g) [42].

La présence des différentes vitamines à des quantités non négligeables dans l'huile d'hévéa détoxifiée, constitue un atout non négligeable dans les domaines pharmaceutique et alimentaire [43].

3.4.4 Composition en acides gras

La composition chimique en acides gras de l'huile détoxifiée d'hévéa est présentée dans le tableau 6. Ce tableau révèle trois types d'acides gras : saturés (39,5%) ; monoinsaturés (13,1%) et polyinsaturés (37,1%). L'acide myristique est le composé majoritaire parmi les acides gras saturés avec un taux de 19,9%. Les acides gras monoinsaturés sont constitués essentiellement d'acide oléique (13,1%).

De plus, l'huile détoxifiée d'hévéa a des teneurs en oméga-3 et oméga-6 (acides gras polyinsaturés) respectivement de 6,2% et de 30,9%. Ces deux acides gras sont très bénéfiques pour la santé car essentiels pour le système cardiovasculaire [44]. Les teneurs en oméga-6 et oméga-3 dans l'huile d'hévéa détoxifiée sont dans un rapport d'environ 5/1. Ce ratio semble élevé et pourrait susciter des réserves quant à son apport sur le plan nutritionnel [45]. En effet, un ratio non compris dans l'intervalle 4/1 – 5/1 peut entraîner des risques d'obésité [46].

Tableau 5

Teneur en vitamines de l'huile d'hévéa détoxifiée.

Vitamine	Teneur (mg/100 g)
Vitamine B3	54
Vitamine B6	30,3
Vitamine E	78,2
Vitamine B12	26,8
Vitamine A	55,2

Tableau 6

Composition chimique en acides gras de l'huile d'hévéa détoxifiée.

Acides gras saturés	
Composé	Composition (%)
Acide laurique C12 : O	7,3
Acide myristique C14 : O	19,9
Acide palmitique C16 : O	6,1
Acide arachidique C20 : O	6,2
Acides gras monoinsaturés	
Composé	Composition (%)
Acide oléique C18 : 1n-9	13,1
Acides gras polyinsaturés	
Composé	Composition (%)
Acide linoléique C18 : 2n-6	30,9
Acide Linolénique C18 : 3n-3	6,2

4 Conclusion

L'huile extraite des amandes d'hévéa détoxifiée ainsi que les tourteaux obtenus ont fait l'objet de caractérisations physique, chimique et biochimique. Plus de 99,99% de cyanures ont pu être éliminés après détoxification de l'amande. L'huile a été extraite à partir d'un broyat d'amande ne contenant que 0,38 mg/kg d'HCN. Les tourteaux ont montré une bonne qualité protéique grâce à la présence d'acides aminés essentiels. Cela fait d'eux un potentiel candidat dans la formulation d'aliments pour animaux. Les résultats obtenus concernant l'huile montrent que c'est une huile non siccative qui peut être comparable aux huiles conventionnelles. Elle est riche en vitamines et en acides gras polyinsaturés dont oméga-6 et oméga-3 bénéfiques pour la santé. Malgré les possibles réserves quant à son apport sur le plan nutritionnel eu égard au rapport oméga-6/oméga-3 élevé (environ 5/1), l'huile d'hévéa détoxifiée pourrait offrir des possibilités dans les domaines alimentaires et pharmaceutiques. Au regard de ce qui précède, la valorisation des graines d'hévéa peut s'inscrire dans la dynamique de l'économie circulaire. En perspective de ce travail, il est envisagé l'enrichissement de l'huile de palme en oméga-3 par combinaison avec l'huile d'hévéa détoxifiée. Et ce, pour juguler les risques cardiovasculaires qui émane de la consommation de l'oléine de palme. Pour ce faire, des tests préalables, de toxicité, organoleptique, d'innocuité et de résistivité oxydative de l'huile d'hévéa détoxifiée devront être menés.

Références bibliographiques

- [1] Atlasocio.com, Classement des États du monde par production de caoutchouc naturel. Rev Atlasociocom (2022). <https://atlasocio.com/classements/economie/agriculture/classement-etats-par-production-caoutchouc-naturel-monde.php> (Consulté le 5/5/2023).
- [2] G.A. Koné, 2019, Effet de l'incorporation de tourteaux de graines d'hévéa (*Hevea brasiliensis*) ou de tourteaux d'anacarde (*Anacardium occidentale*) sur les performances de pintades (*Numida meleagris*) en Côte d'Ivoire, Science des productions animales, Agrocampus Ouest, Thèse, NNT : 2019NSARC143, France (2019).
- [3] M. Okoma, E. Kouadio, L.B. Koffi, E. Amoakon, Les graines d'hévéa, un sous-produit à valoriser en Côte d'Ivoire, Le CNRA (2018) 14-15.
- [4] B.A. Yoboue, K. Diallo, I. Diomande, G.G. Tiahou, N.E. Assidjo, *Evaluation of the Nutritional Quality of Red and Refined Palm Oils Marketed in Yamoussoukro (Côte d'Ivoire)*, Food Nutr. Sci. 13 (2022) 97–107. <https://doi.org/10.4236/fns.2022.132010>
- [5] E. Penot, P. Thaler, Y. Nouvellon, B. Chambon, J. Sainte-Beuve, Hévéa Etat des lieux sur la déforestation et les standards de durabilité, Rapport d'étude pour le CST Forêt de l'AFD, Chantier 2 – Certification de la zéro déforestation, CST Forêt, CIRAD (2020).
- [6] J.-M. Lecerf, *L'huile de palme*, Médecine Mal. Métaboliques 11 (2017) 347–352. [https://doi.org/10.1016/S1957-2557\(17\)30079-2](https://doi.org/10.1016/S1957-2557(17)30079-2)

- [7] FAO/WHO, Toxicological evaluations of Pesticide residues in food (2009).
- [8] S.E. Tokpohozin, S. Fischer, B. Sacher, T. Becker, *β -d-Glucosidase as “key enzyme” for sorghum cyanogenic glucoside (dhurrin) removal and beer bioflavouring*, Food Chem. Toxicol. 97 (2016) 217–223.
<https://doi.org/10.1016/j.fct.2016.09.015>
- [9] FAO, Trente et unième session du groupe intergouvernemental sur les graines oléagineuses et les matières grasses (2021).
<https://www.fao.org/3/nf083fr/nf083fr.pdf> (Consulté le 28/5/2023).
- [10] E. Kalakuko, P. Muhubao, J. Mucheso, J. Mateso, E. Irengé, A. Tutu, S. Kyanza, M. Mulamba, K. Baketi, N. Amsini, E. Kyetil, M. Wakalamina, J. Sabiti, W. Bonga, A. Lwaki, E. Lundimu, K. Wabenga, A. Sadiki A, M. Masilya, *Dégradation du cyanure dans le manioc sec vendu au marché Beach Muhanzi à Bukavu*, Am. J. Innov. Res. Appl. Sci. 12(5) (2021) 155-161.
- [11] Bamba Soualiho, Jean-Claude N'Guessan Yao, Kouadio Kouakou John, Kanate Losseyeni, Adima Amissa Augustin, *Evaluation of the Chemical and Biological Properties of Oil Extracted from Detoxified Rubber Tree (Hevea Brasiliensis) Kernels*, American Journal of BioScience 10(6) (2022) 220-229. doi: 10.11648/j.ajbio.20221006.16
- [12] K. Sone, N. Watanabe, M. Takase, T. Hosaka, K. Gyokusen, *Carbon Sequestration, Tree Biomass Growth and Rubber Yield of PB260 Clone of Rubber Tree (Hevea brasiliensis) in North Sumatra*, J. Rubber Res. 17 (2014) 115–127.
- [13] NT ISO 2164-1975, Méthode de dosage des cyanures dans les céréales et les légumineuses (1975).
<https://genorma.com/en/project/show/iso:proj:6958>
- [14] M. Rezaul Haque, J. Howard Bradbury, *Total cyanide determination of plants and foods using the picrate and acid hydrolysis methods*, Food Chem. 77 (2002) 107–114.
[https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(01\)00313-2](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(01)00313-2)
- [15] N. Rombaut, Etude comparative de trois procédés d'extraction d'huile : aspects qualitatifs et quantitatifs : application aux graines de lin et aux pépins de raisin, Thèse de Doctorat, Université d'Avignon, France (2013).
- [16] BIPEA, Recueil des méthodes d'analyses des communautés européennes, Bureau Interprofessionnel d'Etudes Analytiques, Gennevilliers, France (1976).
- [17] Norme ISO 14565 : 2000. Norme internationale ISO 14565, Première édition (2000).
<https://cdn.standards.iteh.ai/samples/24065/91fc881009e948979aa052009ba5ea87/ISO-14565-2000.pdf> (Consulté le 26/4/2023).
- [18] S.M. Albano, M.G. Miguel, *Biological activities of extracts of plants grown in Portugal*, Ind. Crops Prod. 33 (2011) 338–343.
<https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2010.11.012>
- [19] AFNOR NF T60-214-1984, Normes AFNOR NF T60 pour la détermination de la densité (ou masse volumique) des huiles alimentaires, et essentiels, huiles d'origine végétale.
<https://www.efsa.europa.eu/sites/default/files/consultation/consultation/181127-ag.pdf> (Consulté 25/4/2023).

- [20] AFNOR NF T60-212-1984, Normes AFNOR NT 60: Mesures d'indice de réfraction des huiles d'origine végétales, huiles essentiels et alimentaires (1984). <https://www.efsa.europa.eu/sites/default/files/consultation/consultation/181127-ag.pdf> (Consulté le 25/4/2023).
- [21] AFNOR NF T60-203, 1984. Normes AFNOR NT60 : secteur agroalimentaire, caractérisation des huiles végétales, détermination de l'indice d'acide (1984). <https://www.efsa.europa.eu/sites/default/files/consultation/consultation/181127-ag.pdf> (Consulté le 25/4/2023).
- [22] AFNOR NF T60-204, 1984. Normes AFNOR NT 60 : détermination des acides gras libres des lipides, indice d'acide des huiles végétales (1984). <https://www.efsa.europa.eu/sites/default/files/consultation/consultation/181127-ag.pdf> (Consulté le 25/4/2023).
- [23] AFNOR NF T60-220, Normes AFNOR NT 60 : Méthodes de l'indice d'acide et de l'acidité des huiles alimentaires d'origine végétale ou animale (1984). <https://www.efsa.europa.eu/sites/default/files/consultation/consultation/181127-ag.pdf> (Consulté le 25/1/2023).
- [24] AFNOR NF T60-206, Normes AFNOR NF T60 : Détermination de l'indice de saponification des huiles végétales (1984). <https://www.efsa.europa.eu/sites/default/files/consultation/consultation/181127-ag.pdf> (accessed 4.25.23).
- [25] Codex Alimentarius, *Codex Alimentarius* sur la fabrication des aliments cyanogènes (2013).
- [26] FAO/WHO, Evaluation of data for acceptable daily intake (ADI) and acute reference dose (ARfD) for humans, Meeting on pesticide residues, Geneva (2016)1-6.
- [27] CEAEQ, Détermination des cyanures : méthode colorimétrie automatisée avec l'acide isonicotinique et l'acide barbiturique-distillation manuelle (2016).
- [28] J. Langrand, M. Labadie, I. Blanc-Brisset, J. Bloch, *Intoxications par les amandes amères d'abricots*, Toxicol. Anal. Clin. 30 (2018), 169. <https://doi.org/10.1016/j.toxac.2018.07.103>
- [29] M. Mihoubi, Formulation et caractérisation d'un yaourt supplémenté de la poudre de graines de lin, Thèse de Doctorat, ENSA, El Harrach-Alger, Algérie (2019).
- [30] L.A. Ocho, D. Gnakri, J. Kelli, D. Boa, S. Sylla, *Effet clonal sur la production et la composition chimique de la graine d'hévéa (Hevea brasiliensis)*, J Soc Ouest-Afr Chim 13 (2001) 167-179.
- [31] F. Mariotti, C.D. Gardner, *Adéquation de l'apport en protéines et acides aminés dans les régimes végétariens*, Cah. Nutr. Diététique 55 (2020) 66-81. <https://doi.org/10.1016/j.cnd.2019.12.002>
- [32] G.A. Kone, N.D.V. Kouakou, C.E.M. Angbo-Kouakou, B.K. Kouame, F. de Paul Yeboue, *Etude préliminaire de la valorisation des tourteaux d'hévéa, d'anacarde et de pourghère chez les porcs durant la gestation et la lactation*, Eur. Sci. J. ESJ 12(30) (2016) 11-22. <https://doi.org/10.19044/esj.2016.v12n30p11>
- [33] Codex Alimentarius, Norma general para los aditivos alimentarios, Codex Adopt. Revisión 1997 1999 2001 2003 2004 2005 2006 2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015. (2015).

- [34] O. Ziegler, *Variabilité de la triglycéridémie : impact métabolique. De la dysfonction du tissu adipeux à l'adiposité viscérale et à la stéatopathie métabolique, les chemins de l'insulino-résistance*, Médecine Mal. Métaboliques 16 (2022) 54-68.
<https://doi.org/10.1016/j.mmm.2021.12.007>
- [35] FAO, Normes sur les huiles végétales conventuelles à usage alimentaire, *Codex Alimentarius* (1981).
- [36] N.J.C. Yao, A.A. Adima, B.F. Niamke, D.-V. Kouakou, K.P. N'Da, *Activité Antioxydante, propriétés physico-chimiques et composition en rétinol et α -tocophérol de l'huile de palme raffinée et des huiles issues de six plantes oléagineuses de Côte d'Ivoire*, Afrique Science 14(2) (2018) 15 - 27.
- [37] V. Dubois, S. Breton, M. Linder, J. Fanni, M. Parmentier, *Fatty acid profiles of 80 vegetable oils with regard to their nutritional potential*, Eur. J. Lipid Sci. Technol. 109 (2007) 710-732.
<https://doi.org/10.1002/ejlt.200700040>
- [38] S. Gharby, H. Harhar, Z. Bouzouba, A. Roudani, I. Chafchaoui, B. Kartah, *Effet des Polyphénols extraits des margines sur la stabilité de l'huile de tournesol (Effect of Polyphenols extracts from margins on the stability of sunflower oil)*, J. Mater. Environ. Sci. 5(2) (2014) 464-469.
- [39] Y. Kim, J. Keogh, P. Clifton, *Polyphenols and Glycemic Control*, Nutrients 8 (2016) 17.
<https://doi.org/10.3390/nu8010017>
- [40] S. Fotsing, M.P. Ngogang, B. Nganchouko, J.L. Simo, J. Ngogang, *Teneurs en polyphénols, en flavonoïdes et activités anti oxydantes des rhizomes de Zingiber officinale récoltés dans cinq sites de culture du Cameroun*, Revue de l'Académie des Sciences du Cameroun 18(2) (2022) 397-406.
- [41] B. De Theux, *Utilisation de l'huile de palme comme carburant dans les moteurs diesels*, CODEART (2004).
- [42] J.-M. Lecerf, *Le génie des légumineuses*, Prat. En Nutr. 12 (2016) 36-39.
<https://doi.org/10.1016/j.pranut.2016.06.011>
- [43] M.L. Guyader, L. Garçon, *Les vitamines B9 et B12 : rôle métabolique, étiologies et conséquences des carences, méthodes d'exploration et recommandations nutritionnelles*, Rev. Francoph. Lab. 514 (2019) 55-64.
[https://doi.org/10.1016/S1773-035X\(19\)30329-6](https://doi.org/10.1016/S1773-035X(19)30329-6)
- [44] A.C.M. Thiébaud, V. Chajès, F. Clavel-Chapelon, M. Gerber, *Unsaturated fatty acids intake and breast cancer risk: epidemiological data review*, Bull. Cancer 92 (2005) 658-669.
- [45] T. Ameziane, N. Hakem, *Les effets des oméga-3 sur la flore intestinale*, Université Mouloud Mammeri (2021).
<https://dspace.ummt0.dz/handle/ummt0/18900>
- [46] S. D'Angelo, M.L. Motti, R. Meccariello, *ω -3 and ω -6 Polyunsaturated Fatty Acids, Obesity and Cancer*, Nutrients 12 (2020) 2751.
<https://doi.org/10.3390/nu12092751>