



Etude de la valorisation des graines de *Pentaclethra macrophylla benth* pour son huile

Paola MWANAMOKI MBOKOSO^{a*}, Clément KOKOLO TATI- DI - MAYEYI, Christophe KABELE NGIEFU^b, VAN TSHOMBE^c

^aInstitut Supérieur des Techniques Médicales/Kinshasa, Section Nutrition diététique, B.P. 774, Kinshasa XI, République Démocratique du CONGO.

Université de Kinshasa, Faculté des Sciences, Département de Chimie & Faculté des sciences agronomiques^b, Département de chimie et des industries agricoles^c, B.P. 243, Kinshasa XI, République Démocratique du CONGO.

RESUME:

L'objectif de la présente étude est de déterminer la composition chimique des graines de *Pentaclethra macrophylla Benth* ainsi que de fractionner l'huile extraite de ces dernières en ses différents constituants. Les graines de *Pentaclethra macrophylla Benth* provenant de Kinshasa, de Mbandaka et de Mbanza Ngungu sont riches en lipides totaux (49,30 à 50,99%) suivi des protéines brutes (23,57 à 25,66%), de fibres alimentaires (8,33 à 9,45%) et des glucides assimilables (3,51 à 7,11%). Les huiles extraites ont l'indice d'acide comprise entre 8,84 et 12,15 mg, ne sont pas rances avec l'indice de peroxyde de 31,19 à 47,19 méq d'O₂/Kg, sont semi - siccatives car leur indice d'iode se trouve entre 109,76 et 132,72 g et sont comestibles car l'indice de saponification s'étale de 180 à 190 mg et leur fractionnement a montré un profil chromatographique riche en lipides totaux et en triglycérides. Les acides gras révélés sont: l'acide laurique, l'acide palmitique, l'acide stéarique, l'acide oléique et l'acide linolénique. Les teneurs en cuivre, fer, manganèse, cobalt, calcium, potassium, plomb, arsenic et titane ont donné des valeurs qui variaient d'un échantillon à un autre, cette différence serait due aux types de sol de provenance.

Mots clés : *Pentaclethra macrophylla Benth*, composition, graines, huiles, teneurs, Acides gras, éléments minéraux

ABSTRACT :

The objective of the present study is to determine the chemical composition of the seeds of *Pentaclethra macrophylla Benth* as well as to split the oil extracted from the latter there its various constituents. The seeds coming from Kinshasa, Mbandaka and Mbanza Ngungu are rich in total lipids (49,30 in 50,99 %) followed by proteins (23,57 in 25,66 %), of food fibers (8,33 in 9,45 %) and comparable carbohydrates (3,51 in 7,11 %) . Extracted oil has the indication of acid between 8,84 and 12,15 mg, are not rancid with the indication of peroxide from 31,19 to 47,19 méq d'O₂/Kg, are semi - siccatives because their indication of iodine is between 109,76 and 132,72 g and are edible because the indication of saponification spreads out of 180 in 190 mg and their division showed a profile chromatographique rich in total lipids and in triglycerides, the revealed fatty acids are: the acid laurique, the acid palmitique, the stearic acid, the acid oléique and the linolenic acid. The copper contents, the iron, the manganese, the cobalt, the calcium, the potassium, the lead, the arsenic and the titanium gave values which varied of a sample because of ground of origin, the highest values were found for the potassium (780 in 1090 ppm) followed by calcium (352 in 532ppm).

Keywords : *Pentaclethra macrophylla Benth*, composition, seeds, oil, contents, Fatty acids, mineral elements.

*Adresse des Auteur(s)

MWANAMOKI MBOKOSO Paola, Institut Supérieur des Techniques Médicales/Kinshasa, Section Nutrition diététique, B.P. 774, Kinshasa XI, République Démocratique du CONGO

KOKOLO TATI- DI - MAYEYI Clément, Institut Supérieur des Techniques Médicales/Kinshasa, Section Nutrition diététique, B.P. 774, Kinshasa XI, République Démocratique du CONGO.

KABELE NGIEFU Christophe, Université de Kinshasa, Faculté des Sciences, Département de Chimie. B.P. 243, Kinshasa XI, République Démocratique du CONGO.

VAN TSHOMBE, Université de Kinshasa, Faculté des sciences agronomiques, Département de chimie et des industries agricoles.

I. INTRODUCTION

Les oléagineux représentent la famille de végétaux dont on peut extraire de l'huile (Oleum en latin). Les graines oléagineuses sont les « embryons » des plantes, et les fruits secs oléagineux sont des fruits secs à coquille épaisse^[1].

Les graines oléagineuses apportent les protéines, les vitamines, les lipides ainsi que les éléments minéraux dans l'alimentation humaine. L'ensemble des composants précités constitue le potentiel nutritif théorique. La connaissance de la composition chimique de ces graines, contribue à élaborer des rations alimentaires équilibrées dont l'homme a besoin pour se maintenir en bonne santé^[2].

Les plantes oléagineuses sont extrêmement importantes pour l'homme parce qu'elles contribuent localement à son alimentation et offrent des possibilités de transformation en produits nécessaires à la vie moderne. Pour l'organisme, les graines sont une source efficace d'énergie, soit directement ou potentiellement. Les éléments minéraux qu'elles contiennent accomplissent quelques fonctions essentielles notamment dans la composition des enzymes et des hormones ainsi que dans l'équilibre hydrique et acido-basique^[1].

L'Afrique Centrale abrite une flore ayant de nombreuses espèces des plantes oléagineuses. Bien que présentant de réels potentiels agronomiques et économiques, ces espèces sont très peu étudiées. Certaines d'entre elles, qui jadis ignorées, sont actuellement en voie de domestication et

d'autres font partie des ressources phytogénétiques de la sous région dont "Food and Agriculture Organization" (F.A.O) recommande la valorisation. C'est le cas de *Pentaclethra macrophylla* Benth [3]. C'est une plante qui a une importance écologique, productive et socioéconomique [4] de par la valeur nutritionnelle de ses amandes et celle de ses graines. Elle regorge aussi des principaux composés bioactifs [5]. Ses racines et feuilles présentent un potentiel antioxydant important.

Pentaclethra macrophylla est courant dans les forêts primaires et secondaires, ainsi que dans les savanes côtières, souvent au voisinage de criques et de rivières. Il est très commun à des altitudes jusqu'à 500 m [6], bien que la croissance soit bonne à plus haute altitude si les précipitations sont suffisantes et si les températures ne descendent jamais en dessous de 18°C[7]. *Pentaclethra macrophylla* est un arbre atteignant 15 à 25 m de haut et près de 40 cm de diamètre. En République Démocratique du Congo (RDC), on le rencontre plus précisément au Mayombe, à Kisantu, aux Kasaï, à Businga, dans le Bas-Uélé, à Yangambi et dans la forêt centrale. Il est connu sous les noms vernaculaires suivants : Akule (Zande), Tshibambabamba (Luba), Utchakula (Turumbu), Uvala (Maniema), Vanza (Mayombe), Mubala (Kisengola), Mwansi (Mbala), Bwala (Kundu) et Bobala (Lac-Maï Ndombe). *Pentaclethra macrophylla* Benth est cultivé par semis. Sa multiplication se fait par graines [8]. Elle est une espèce très commune dans les groupements forestiers, principalement ceux remaniés : les forêts primitives marécageuses, les forêts secondaires ou les galeries.

La flore de la RDC joue un rôle très important en alimentation, en thérapeutique ancestrale et constitue la principale source des drogues utilisées en médecine indigène [8].

Les graines de *Pentaclethra macrophylla* analysées au Nigéria contenaient les glucides dans l'ordre de 4 à 17 %, l'huile de 44 à 47% et se sont révélées être riches en acide oléique [9, 10] et en acide linoléique [11]. Leurs recherches ont également rapporté que l'huile contenait environ 75% d'acides gras saturés et 25% d'acides gras non saturés. Elles étaient pauvres en calcium et en phosphore [12]. Odoemelam en 2005 a montré la présence de sodium (236,2 ppm) et le potassium (181,3ppm) contenant les graines de *Pentaclethra macrophylla* d'Afrique^[10].

Cette étude répond principalement à la question de connaître la composition des huiles provenant de *Pentaclethra macrophylla* prélevées dans trois différentes provinces de la RDC. Elle vise la valorisation des graines de *Pentaclethra macrophylla* benth pour son huile.

Pour y arriver, les objectifs spécifiques suivants ont servi: - 1/ déterminer la composition chimique des amandes de *Pentaclethra macrophylla* Benth récoltées dans quelques provinces de la RDC; - 2/ déterminer les paramètres physico-chimiques de l'huile qui en est extraite; - 3/ identifier les différents constituants lipidiques par la chromatographie en couche mince; - 4/ doser quelques facteurs antinutritionnels; - 5/ identifier les éléments minéraux et

déterminer les différentes teneurs en ces derniers par la spectrométrie d'émission atomique (Inductively Coupled Plasma, ICP).

Les échantillons ont été récoltés dans le site du Lac de Ma vallée situé dans la ville province de Kinshasa, dans la ville de Mbanza-Ngungu dans la province du Kongo Central et à l'entrée de la ville de Kikwit dans la province de Kwilu car les teneurs en différents paramètres, spécialement en éléments minéraux, varient en fonction du milieu (sol, fertilisation ...) où les végétaux sont cultivés^[13]. Ce qui a été prouvé dans la présente étude.

L'intérêt de cette étude est d'apporter de l'information à la population consommatrice de ces graines, sur les apports théoriques de ces dernières en différents nutriments. Elle nous permettra de contribuer à la promotion, à la valorisation et à la vulgarisation des graines de cette espèce si peu connue. Les résultats de nos analyses permettront aux graines de *Pentaclethra macrophylla* Benth de trouver une place parmi celles déjà expérimentées.

C'est pourquoi nous nous sommes proposées, une étude chimique dans la perspective d'analyser nutritionnellement les amandes des graines de *Pentaclethra macrophylla* Benth consommées, comme la courge dans le Bandundu et précisément au Kwango^[14]. Ces graines sont également consommées comme un condiment alimentaire produit par une fermentation naturelle. Elles sont une source importante et bon marché des protéines pour les gens dont les produits alimentaires de base sont déficients en ce macronutritif. Elles sont aussi consommées avec délicatesse et sont utilisées comme arôme pour la soupe^[15].

II. MATERIEL ET METHODE

II.1. Etude

Le matériel végétal qui fait l'objet de la présente étude est constitué des amandes des graines de *Pentaclethra macrophylla* Benth comme le montre la figure ci-dessous :



Figure 1. Graines(A) et amandes (B) de *Pentaclethra macrophylla* Benth

II.2. Sites de prélèvement

La récolté des 2 à 3 Kg des graines de *Pentaclethra macrophylla* Benth a été effectuée par ramassage après éclosion de la gousse. Les trois sites concernés étaient:

- Lac de Ma vallée situé dans la ville province de Kinshasa;
- La ville de Mbanza-Ngungu dans la province du Kongo Central;
- L'entrée de la ville de Kikwit dans la province de Kwilu;



L'identification de ces graines a été faite à l'herbarium de la faculté des sciences de l'Université de Kinshasa

II.3. Échantillonnage

La quantité d' 1 Kg des graines fraîches, préalablement triées, ont été séchées à l'étuve à 45°C pendant trois jours. Elles ont été enfin décortiquées à la main pour extraire les amandes pour les analyses. Ces amandes ont été moulues à l'aide d'un mortier et pilon, et réduites en pâte.

II.4. Méthodes

II.4.1. Détermination de la teneur en eau ou humidité

L'humidité était déterminée suivant la méthode de perte de poids décrite par Vervack [16]. En effet, l'échantillon frais de poids connu était séché à l'étuve à 105°C pendant 24 heures. Il était placé dans un dessicateur pour le refroidir puis pesé jusqu'au poids constant. La différence de ces poids nous avait permis de déduire la teneur en eau.

II.4.2. Analyses de la matière grasse

Pour analyser la matière grasse, trois étapes ont été respectées. Il s'agit de l'extraction, la détermination de la teneur en matière grasse par la méthode de SOXHLET et la détermination des paramètres physico chimiques de l'huile obtenue.

Concernant l'extraction de la matière grasse, la méthode artisanale a été utilisée. C'est une extraction à froid, car elle n'exige ni source de chaleur ni solvant. A l'aide d'un petit appareil électroménager concasseur de marque Moulinex®, l'huile était obtenue par pressage de 1Kg d'amandes après une réduction de ces dernières en pâte.

Pour ce qui est de la détermination de la teneur en matière grasse, elle était effective par la méthode de SOXHLET. Cette dernière consiste à l'extraction à chaud et en continu, de la matière grasse d'un aliment par des solvants organiques, tels que l'éther diéthylique ou l'éther de pétrole 40-60°, dans un extracteur de Soxhlet [16].

La détermination des paramètres physico chimiques de l'huile de *Pentaclethra macrophylla* Benth a été faite par la méthode artisanale. A cet effet, les paramètres physico-chimiques suivants ont été déterminés: Indice de peroxyde, indice d'iode, indice d'acide, indice de saponification, indice de réfraction et la densité [17,18,19].

a) Indice de peroxyde

Deux grammes d'huile ont été mélangés avec 10 mL de chloroforme dans un Erlen Meyer de 250 mL. Puis successivement, 15 mL d'acide acétique et 1 mL de KI y ont été ajoutés. Le mélange a été agité pendant une minute puis garder à l'obscurité. En suite, 75 mL d'eau distillée ont été additionnés de ce mélange. L'iode libéré par le Na₂S₂O₃ en présence d'empois d'amidon a été finalement titré.

b) L'indice d'iode

Dans un Erlen Meyer de 500 mL avec bouchon rodé, la quantité de 0,4mL d'huile a été ajoutée, puis 10 mL de CCl₄ pour la dissolution. De ce mélange, 25 mL de réactif de hubl ont été ajoutés. Le contenant a été bouché et agiter puis laissé

à l'obscurité pendant 12 à 24 heures. Une réaction à blanc sans huile a été effectuée. Le temps de contact une fois écoulé, 20 mL de KI à 10 % ont été ajoutés, puis 300 mL d'eau distillée. L'iode libéré a été titré par le thiosulfate de sodium en présence d'empois d'amidon.

c) L'indice d'acide

Une prise d'essai a été mise en solution dans un mélange de solution éthéro – alcoolique, puis les acides gras libres présents ont été titrés à l'aide d'une solution aqueuse de KOH 0,1 N.

d) Indice de saponification

La saponification a été réalisée à chaud avec une quantité connue de KOH alcoolique en excès. L'excès de réactif a été ensuite titré par une solution acide en présence de la phénolphthaleine.

e) La densité

La masse volumique, c'est-à-dire la masse de l'unité de volume désignée par « densité » peut fournir des renseignements sur le groupe auquel appartient une huile.

- A 15°C, les huiles siccatives ont des densités égales ou supérieures à 0,930 ;
- Les huiles semi- siccatives ont des densités comprises entre 0,920 et 0,930 ;
- Les huiles non siccatives ont des densités égales ou inférieures à 0,920.

f) Indice de réfraction

L'indice de réfraction ; comme la densité est caractéristique du groupe auquel appartient le corps gras. A 20°C, les huiles siccatives ont des indices de réfraction compris entre 1,480 et 1,523 ; les huiles semi-siccatives ont des indices de réfraction se situant entre 1,468 et 1,470.

Profils chromatographiques en couche mince de la matière grasse de *Pentaclethra macrophylla* Benth

Trois composées ont été révélées par la technique de chromatographie en couche mince, il s'agit de lipides totaux, des triglycérides et des acides gras.

En ce qui concerne les lipides totaux [20], deux systèmes ont servi pour arriver aux résultats, les systèmes I et II. Concernant le système I, la phase stationnaire utilisée était le gel de silice 60F₂₅₄, et la phase mobile, le mélange: hexane/ éther diéthylique/ acide acétique glacial respectivement dans les proportions suivantes: 90 :10 :1. Le révélateur était l'acide phosphomolybdique 10 g /100mL dans l'éthanol. La cuve était non saturée avec un parcours de 7 cm. Quant au système II, la phase stationnaire était le gel de silice 60F₂₅₄, la phase mobile était composée de Hexane/ éther diéthylique/ acide acétique, respectivement dans les proportions de 70 :30 :1. Le parcours était de 8cm, la vapeur d'iode fut utilisée comme révélateur. Le spot était de 6 µL pour chaque échantillon.

Concernant la recherche des Triglycérides, la préparation de la solution à analyser et celle du témoin ont été réalisée en dissolvant 70 mg de chaque huile dans 3 mL de chlorure de méthylène p.a (huile de *Pentaclethra macrophylla*, huile de

soja, huile d'olive, huile de palme ou palme d'or), 10 mg de β sistotérol dans 2 mL de chlorure de méthylène p.a. [20]. Les appellations des échantillons provenant de différents sites ont été abrégées de la manière suivante: H_K pour l'huile de *Pentaclethra macrophylla* de Kikwit, H_M pour l'huile de *Pentaclethra macrophylla* provenant de Mbanza Ngungu, H_V pour l'huile de *Pentaclethra macrophylla* provenant du Lac ma vallée, H_O pour l'huile d'olive, H_S pour l'huile de soja et H_P pour l'huile de palme ou palme d'or.

Deux étapes ont concerné la recherche des acides gras, la première fut l'hydrolyse des triglycérides [21] et la deuxième, la préparation de l'échantillon et des standards. Pour l'hydrolyse des triglycérides, 2 g de la matière grasse ont été pesés ensuite mélangés aux 30 mL de KOH alcoolique 0,5 mol/L, chauffer à reflux pendant 45 minutes puis laisser refroidir. L'extraction a été effectuée 3 fois dans une boule à décanter, chaque fois avec 50 ml d'éther diéthylique. La phase éthérée a été jetée, puis la solution aqueuse a été acidifiée avec HCl concentré suivi de 3 extractions chaque fois avec 50 mL d'éther diéthylique. Après mélange des phases éthérées et lavage 3 fois avec chaque fois 10 mL d'eau distillée, les eaux de lavage ont été éliminées, puis la solution éthérée a été séchée en utilisant le sulfate de sodium anhydre. Le solvant a été, par après, éliminé au rotavapor et le résidu a été recueilli pour analyse.

II.4.3. Préparation des échantillons et du standard

La quantité de 10 mg a été utilisée pour différents acides gras extraits. Chaque fois, cette masse a été dissoute dans 5 mL de n-hexane. La même opération a été répétée pour l'échantillon d'acides gras de *Pentaclethra macrophylla* Benth.

a) Détermination de la teneur en protéines brutes [16]

La protéine brute d'un aliment, c'est-à-dire sa matière azotée totale, est dosée par la méthode de Kjeldahl. En effet, l'azote organique contenu dans l'aliment est transformé en azote minéral (sulfate d'ammonium $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$) en faisant bouillir l'échantillon dans l'acide sulfurique concentré en présence de sélénium comme catalyseur. Après successivement, refroidissement, dilution à l'eau distillée et alcalinisation par la soude caustique en présence de phénolphthaléine, il y a formation de l'ammoniac qui est distillé et titré par une solution de HCl N/2 de facteur correctif connu.

b) Détermination de la teneur en glucides totaux

D'après la méthode de DEGROOTE, la teneur en glucides consiste à retrancher de 100 la somme des teneurs moyennes obtenues pour l'humidité, les fibres, les protéines, les lipides et les cendres.

% en glucides sans fibres = 100 - (% humidité + % protéines + % lipides + % cendres + % fibres).

c) Détermination de la valeur énergétique

Pour déterminer la valeur énergétique, on est parti de l'évidence qu'un gramme de protéine apporte 4 Kcal à l'organisme, qu'un gramme des glucides apporte également 4 Kcal, tandis qu'un gramme des lipides en apporte 9 Kcal. Valeur énergétique = $\sum (\text{Kcal protéines} + \text{Kcal lipides} + \text{Kcal glucides})$

d) Détermination des matières cellulaires [16]

La cellulose brute selon la méthode de KURSCHNER, est le résultat d'une attaque, par ébullition à reflux (sous réfrigérant), de la prise d'essai par un mélange d'acide acétique et d'acide nitrique. Pour ce faire, après lavage et séchage du résidu, le creuset et le résidu ont été pesés, avant et après calcination. La différence est celle de la masse de la cellulose brute, que l'on exprime en pour cent de la matière à analyser.

II.4.4. Analyse des éléments minéraux

a) Détermination de la teneur en matière minérale

On appelle conventionnellement "matière minérale" ou "cendre" d'un aliment, le résidu de ce produit après incinération au four à moufle à la température de 550°C. Pour y arriver, les creusets contenant les matières sèches de 5g d'échantillon, obtenu après séchage à l'étuve à 105°C pendant 24 heures, sont placés au four à moufle à 550°C. Cet échantillon est incinéré jusqu'à l'obtention de cendres blanches, ne renfermant aucune particule noire de charbon, c'est-à-dire aucune substance organique.

b) Mise en solution des cendres [16]

Les cendres obtenues après incinération au four à moufle ont été mises en solution dans l'acide nitrique afin que soient connues les teneurs des différents minéraux qui les composent.

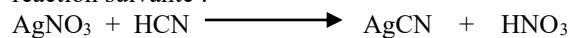
c) Détermination des différentes teneurs en éléments minéraux par spectrométrie d'émission atomique (Inductively Coupled Plasma, ICP)

L'échantillon sous forme d'aérosol était introduit dans un plasma qui est un mélange gazeux conducteur d'électricité contenant une concentration appréciable de cations et d'électrons [21]. La source d'énergie a servi pour atomiser et pour exciter les atomes libérés. L'intensité de la lumière émise lors du retour de l'atome à l'état fondamental a permis de quantifier l'échantillon. Les différents paramètres PLASMAS utilisés étaient les suivants, ICP: OPTIMA 2100DV, plasma gaz: 151/min; Gaz auxiliaire (air): 0,21/min; Gaz Nébuliseur: 0,801/min; Puissance Pompe: 1300; Vue/ Axiale.

II.4.5. Dosage des quelques facteurs antinutritionnels

a) Dosage de l'acide cyanhydrique HCN [23].

L'acide cyanhydrique libéré par hydrolyse enzymatique était entraîné par la vapeur d'eau et récupéré dans un volume connu de la solution de nitrate d'argent. Il se produit alors la réaction suivante :



L'excès de nitrate d'argent est titré par une solution de thiocyanate d'ammonium en présence d'alun ferrique qui indique le point d'équivalence.

b) Dosage des lectines

La lectine a été dosée en présence d'une suspension d'hématies. Dans ce procédé, les lectines se lient aux glycoprotéines des membranes sur la surface des hématies. L'agglutination se produit par la formation des ponts entre cellules voisines [2]. En diluant successivement de moitié la

solution contenant les lectines, le taux d'agglutination diminue progressivement jusqu'à s'annuler [24]. Pour y arriver, au préalable 2 mL d'hématures humaines ont été lavées 3 fois avec le tampon agglutinant. La suspension ainsi formée a été centrifugée à 1500 tours / minute pendant 10 minutes. Le culot d'hématures obtenu était additionné de 200 mL d'une solution de trypsine 0,5 % puis placé à l'incubateur à 37°C pendant 30 minutes. Une suspension 5 % a été préparée à l'aide du tampon. L'unité d'hémagglutination (U) est la plus petite quantité d'échantillon suffisante pour obtenir une agglutination dans les conditions du test. Quant à l'activité hémagglutinante, elle est exprimée par le nombre d'unités d'hémagglutination présentes dans 1mg d'échantillon (U/mg).

c) Dosage de l'acide phytique

Pour doser l'acide phytique, trois étapes étaient respectées. Il s'agit de : - 1/ l'extraction de l'acide phytique; - 2/ précipitation de l'acide phytique et - 3/ minéralisation (digestion).

Concernant l'extraction de l'acide phytique, 0,4 g d'aliment finement broyé était additionné dans 10 mL de la solution d'extraction. Après agitation et léger chauffage à 60°C, le milieu était porté au repos pendant 18 à 20 heures avant d'être filtré sur buchner (à pression réduite).

Pour ce qui est de la précipitation de l'acide phytique, 5 mL du filtrat étaient additionnés successivement dans 5 mL d'eau distillée et dans 2,5 mL de précipitant. Après agitation et repos de quelques minutes, le phytate ferrique était recueilli sur un papier filtre sans cendres, préalablement testés pour sa teneur en phosphore.

Quant à la minéralisation (digestion), elle s'était fait sous la hotte. En effet, le papier filtre contenant le phytate était placé dans un ballon Kjeldhal puis additionné d'environ 10 mL du mélange triacide (solution de minéralisation). Le ballon était ensuite posé sur un système de chauffage préalablement chauffé. Après clarification et cessation de dégagement de la fumée, le ballon était placé en repos pour refroidissement. Le digestat était transvasé dans un ballon jaugé de 50 mL et porté au volume avec de l'eau distillée. Cette solution minéralisée était prête pour la détermination du phosphore phytique selon la méthode classique au laboratoire (D.O à 468 nm).

II.5. Analyses statistiques

Nous avons procédé à l'analyse de la variance. Les moyennes ont été comparées en prenant en compte l'accession à travers la variance à un test T pour les échantillons appariés. La signification du test est déterminée par la différence significative statistique au seuil $\alpha = 0,05$ et 0,95.

III. RESULTATS

III.1. Présentation des résultats

Composition chimique

La composition chimique des graines de *Pentaclethra macrophylla* Benth est donnée dans les tableaux I et II ci dessous.

Tableau I. Composition chimique exprimée en g des graines de *Pentaclethra macrophylla* pour 100 g de matières sèches

Paramètres	EV	EK	EM
Protéines brutes	25,57 ± 0,42	23,57 ± 0,55	25,66 ± 0,38
Lipides totaux	49,30 ± 0,12	49,89 ± 0,03	50,99 ± 0,06
Fibres alimentaires	8,33 ± 0,02	9,45 ± 0,38	9,01 ± 0,09
Cendres totales	3,57 ± 0,08	3,99 ± 0,07	4,05 ± 0,01
Glucides sans fibres	6,78 ± 0,75	7,11 ± 0,26	3,51 ± 0,69
Valeurs énergétiques(Kcal)	573	571	575

EV : graines de *Pentaclethra macrophylla* en provenance du Lac de Ma Vallée

EK : graines de *Pentaclethra macrophylla* en provenance de Kikwit

EM : graines de *Pentaclethra macrophylla* en provenance de Mbanza Ngungu

Le tableau I montre que les graines de *Pentaclethra macrophylla* Benth sont riches en lipides totaux avec des teneurs allant de 49,30 à 50,99 g suivis des protéines brutes qui ont des teneurs entre 23,57 et 25,66 g.

Tableau II. Composition chimique exprimée en g des graines de *Pentaclethra Macrophylla* Benth pour 100 g de matières fraîches

Paramètres	EV	EK	EM
Humidité	6,44 ± 0,11	5,99 ± 0,23	6,78 ± 0,15
Protéines brutes	19,04	18,01	19,07
Lipides totaux	46,12	46,90	47,53
Fibres alimentaires	7,64	8,56	8,19
Cendres totales	3,44	3,83	3,88
Glucides sans fibres	6,32	6,60	3,38
Valeurs énergétiques(Kcal)	516,52	520,54	517,57

Le tableau II montre également que les graines analysées sont riches en lipides totaux suivi des protéines brutes et des fibres alimentaires.

II.6. Analyses sur la matière grasse

Paramètres physico – chimiques

Tableau III. Paramètres physico-chimiques de l'huile des amandes des graines de *Pentaclethra macrophylla* Benth

Paramètres	Hv	Hk	Hm
Indice d'acide	12,15 ±	10,52 ±	8,84 ± 0,86

	0,94	0,07	
Indice de peroxyde	47,94 ± 0,89	33,10 ± 1,01	31,19±1,08
Indice de saponification	180 ± 1,55	190 ± 1,06	187 ± 1,11
Indice d'iode	109,76 ± 1,02	118,28 ± 1,33	132,72±1,53
Indice de réfraction	1,468 ± 0,05	1,468 ± 0,06	1,467±0,01
Densité	0,918 ± 0,02	0,919± 0,03	0,921±0,05

H_V. huile extraite des graines de Pentaclethra macrophylla provenant du Lac de ma Vallée
H_K. huile extraite des graines de Pentaclethra macrophylla provenant de Kikwit
H_M. huile extraite des graines de Pentaclethra macrophylla provenant de Mbanza Ngungu

II.7. Profil chromatographique

a. Lipides totaux

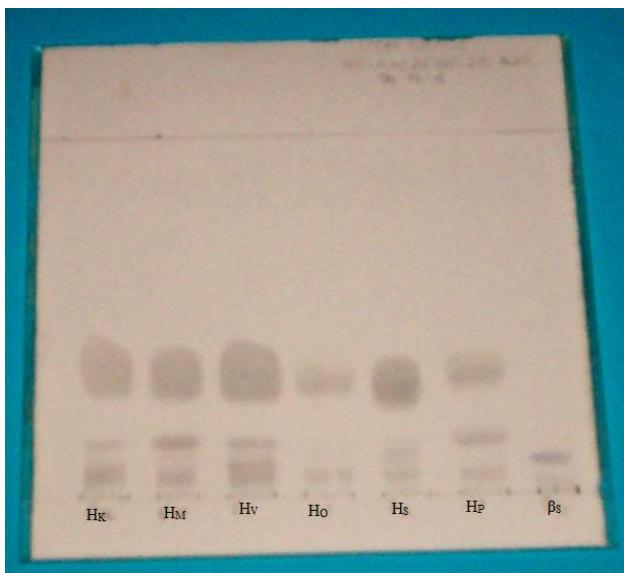


Figure 2. Chromatogramme des lipides totaux

Après révélation à l'acide phosphomolybdique, on obtient des tâches brunes dont :

- 3 spots des Rf respectifs : 0,07 – 0,14 – 0,32 pour H_K
- 3 spots des Rf respectifs : 0,07 – 0,14 – 0,32 pour H_M
- 3 spots des Rf respectifs : 0,07 – 0,13 – 0,33 pour H_V
- 2 spots des Rf respectifs : 0,04 – 0,34 pour H_O
- 3 spots des Rf respectifs : 0,04 – 0,11 – 0,29 pour H_S
- 3 spots des Rf respectifs : 0,05 – 0,51 – 0,32 pour H_P
- 1 spot de Rf 0,08 pour β_S

L'identité des différents groupes des lipides a été vérifiée par comparaison de leurs Rf avec des valeurs de Rf données par la littérature [19,23].

Le spot de 0,32 trouvé pour nos échantillons est le même que ceux qu'ont donné les huiles d'olive et de palme, celui de 0,14 est proche de ce qu'on a trouvé pour l'huile de soja.

b. Triglycérides



Figure 3. Chromatogramme des triglycérides

Après la révélation avec la solution d'acide phosphomolybdique à 100 g/L dans l'éthanol p.a. et après le chauffage de la plaque à 120°C pendant 2 – 5 minutes et l'examen à la lumière du jour, nous avons obtenu :

- 8 spots pour H_K avec des Rf respectifs : 0,35 – 0,38 – 0,41 – 0,43 – 0,46 – 0,50 – 0,53 – 0,56
- 8 spots pour H_M avec des Rf respectifs : 0,33 – 0,36 – 0,40 – 0,43 – 0,45 – 0,48 – 0,52 – 0,55
- 8 spots pour H_V avec des Rf respectifs : 0,33 – 0,36 – 0,4 – 0,42 – 0,46 – 0,49 – 0,52 – 0,55
- 4 spots pour H_O avec des Rf respectifs : 0,41 – 0,45 – 0,48 – 0,51
- 8 spots pour H_S avec des Rf respectifs : 0,38 – 0,41 – 0,43 – 0,48 – 0,53 – 0,55 – 0,58 – 0,59
- 3 spots pour H_P avec des Rf respectifs : 0,45 – 0,48 – 0,51

c. Les acides gras après hydrolyse des triglycérides

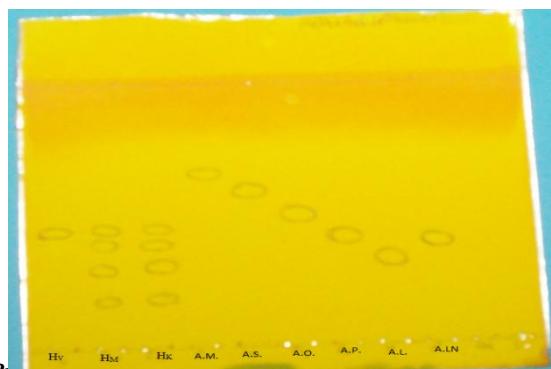


Figure 4. Chromatogramme des acides gras

- La révélation avec le 2',7' – dichlorofluorescéine a donné des spots phosphorescents du côté des acides gras saturés et le chromatogramme a donné :

Pour H_V un seul spot de R_f 0,45

Pour H_M , 4 spots avec les R_f respectifs : 0,18 – 0,31 – 0,40 – 0,45

Pour H_K , 4 spots avec les R_f respectifs : 0,18 – 0,31 – 0,40 – 0,45

Acide laurique, 1 spot de R_f 0,45

Acide palmitique, 1 spot de R_f 0,41

Acide stéarique, 1 spot de R_f 0,31

Acide oléique, 1 spot de R_f 0,40

- La révélation aux vapeurs d'iode suivie de 2',7' – dichlorofluorescéine a donné un chromatogramme avec :

3 spots pour H_V avec des R_f respectifs : 0,40 – 0,45 – 0,58

4 spots pour H_M avec des R_f respectifs : 0,20 – 0,25 – 0,40 – 0,48

4 spots pour H_K avec des R_f respectifs : 0,20 – 0,25 – 0,40 – 0,47

1 spot pour l'acide myristique, R_f : 0,48

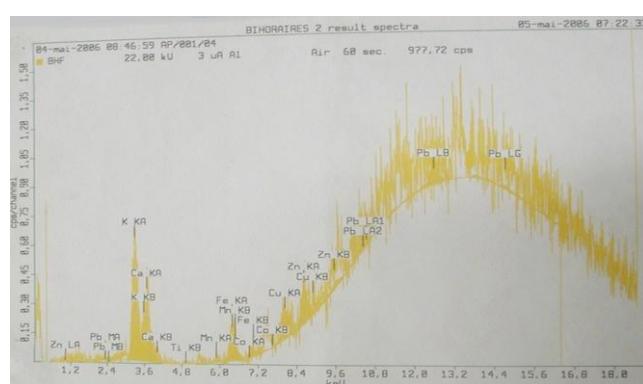
1 spot moins prononcé pour l'acide linolénique, R_f : 0,58

1 spot pour l'acide palmitique, R_f : 0,40

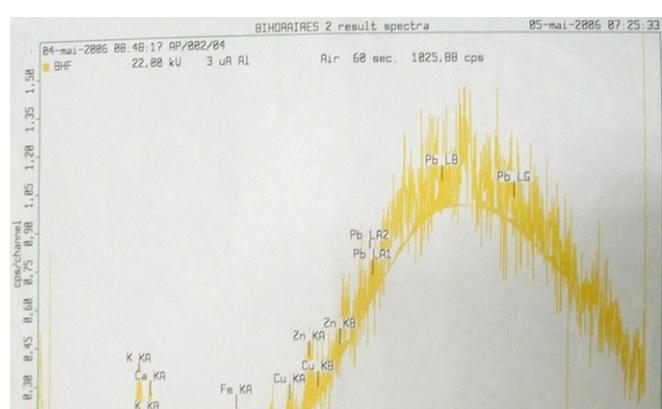
1 spot pour l'acide oléique, R_f : 0,40

II.8. Éléments minéraux

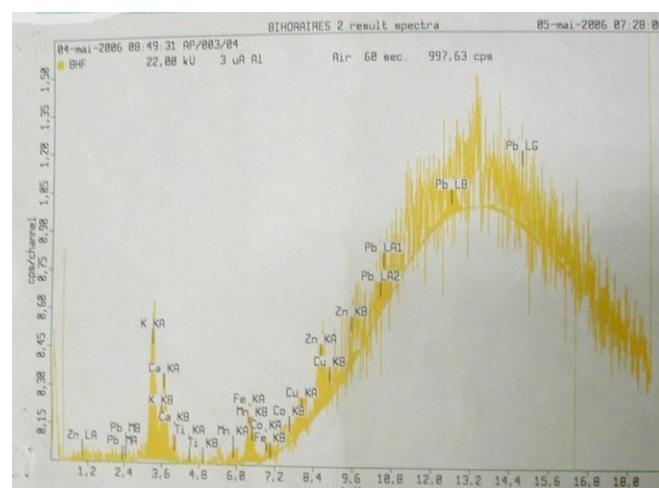
L'analyse des éléments minéraux contenus dans les amandes des graines de *Pentaclethra macrophylla* a donné les spectres suivants pour les trois échantillons.



Spectre 1. Identification des éléments minéraux contenus dans l'échantillon E_V



Spectre 2. Identification des éléments minéraux contenus dans l'échantillon E_K



Spectre 3. Identification des éléments minéraux contenus dans l'échantillon E_M

Les trois spectres ont révélé la présence de Zn, Pb, K, Ca, Ti, Mn, Fe, Co, Cu et As dans les amandes des graines de *Pentaclethra macrophylla* des échantillons analysés (E_V , E_K , E_M).

Tableau IV. Teneurs en ppm des éléments minéraux dans les amandes des graines de *Pentaclethra macrophylla*

Éléments dosés	E_M	E_V	E_K
Cu	22,52	4,46	6,82
Fe	83,47	78,03	86,52
Mn	16,44	15,25	31,30
Zn	98,81	73,30	59,45

Co	1,32	1,67	1,01
K	1090,00	830,00	780,00
Ca	368,00	532,00	352,00
Pb	1,00	0,51	0,55
As	1,36	1,76	1,39
Ti	1,06	0,22	0,41

Facteurs antinutritionnels

Tableau V. Teneurs en mg de quelques facteurs antinutritionnels pour 100 g de matière dans les amandes des graines de Pentaclethra macrophylla

facteurs antinutritionnels	Ev	E _K	E _M
Acide cyanhydrique	89,72± 2,81	84,70± 3,01	76,95± 2,92
Acide Phytique	2,74 ± 0,05	3,04 ± 0,13	3,30± 0,24
Lectines	-	-	-

Le tableau 5 montre que les teneurs en acide cyanhydrique sont comprises entre 76,95 et 89,72 mg et celles de l'acide phytique entre 2,74 à 3,30 mg. Les lectines sont absents.

IV. DISCUSSION

Les résultats de la composition chimique, tels que donnés dans le tableau 1, ont montré que les graines analysées sont, d'une manière générale, riches en lipides totaux, l'échantillon E_M a donné la teneur la plus importante avec 50,99g. Les protéines brutes viennent après les lipides totaux, les échantillons Ev et E_M ont des teneurs proches respectivement de 25,57 et 25,66g.

Faisant appel aux travaux antérieurs, la valeur de 6,60 g en eau trouvée par Ajayi et alliés en 2002^[25] ne s'écarte pas tellement de celles de nos analyses. Les valeurs de 32,10g de protéines et 13,78g de fibres données par Ajayi et ses alliés paraissent mathématiquement supérieures aux nôtres alors que la valeur de 40,29g des lipides qu'ils ont donné sont inférieurs aux teneurs de nos échantillons. Les teneurs en glucides de 3,84g sont proches de celles de l'échantillon de Mbanza Ngungu. L'analyse de la variance n'a pas dégagé des différences significatives au seuil de 5% pour les teneurs en protéines, en lipides, en fibres et en cendres. Au regard de la plus petite différence qui puisse exister entre les moyennes, nous relevons une différence entre les teneurs en protéines de Ev 25,57g et de E_K 23,57g ; de même entre celles de E_K 23,57g et E_M 25,65g.

Les résultats des paramètres physico-chimiques présentés dans le tableau III montre que les valeurs d'indice d'acide classent les huiles que nous avons analysées parmi celles de

haute acidité car elles ont des valeurs comprises entre 8 et 24 %. Nous rejoignons de ce fait les travaux d'Akindahunsi en 2004^[26] ainsi que ceux d'Ajayi et alliés en 2002 qui ont trouvé également que les huiles de Pentaclethra étaient de haute acidité avec 36,6% et 9,87 % respectivement.

Les valeurs de l'indice de peroxyde de nos huiles ne se situent pas dans la fourchette de 160 à 320. Elles ne sont donc pas rances.

Les valeurs de l'indice d'iode classent nos huiles parmi les huiles semi-siccatives car 109,76 pour H_V; 118,28 pour H_K sont comprises entre 100 et 130 que prévoient les normes. La valeur de 132,72 de H_M est tolérable. Ceci a également été démontré par les travaux de Kabele Ngiefu en 1975^[27] qui avait trouvé la valeur de 105.

Les valeurs de l'indice de saponification, 180; 190 et 187 nous confirment que les huiles de *Pentaclethra macrophylla* sont comestibles car les normes prévoient la fourchette de 125 à 185 alors que 200 est tolérable. Les travaux d'Ajayi et ses alliés ainsi que ceux de Kabele Ngiefu, l'ont également prouvé.

Si l'indice de réfraction est compris entre 1,468 et 1,470 l'huile est déclarée semi-siccative. C'est le cas de nos huiles avec des valeurs de 1,468 pour H_V et 1,467 pour H_M. Nous rejoignons également ici les travaux d'Ajayi et ses alliés qui ont trouvé 1,4695.

Le chromatogramme donné dans la figure 2 sur les lipides totaux montre une ressemblance entre les huiles analysées car elles ont donné trois spots chacune des Rf qui sont très proches, 0,07– 0,14– 0,32 pour H_K; 0,07 – 0,14 – 0,32 pour H_M et 0,07 – 0,13 – 0,33 pour H_V

Les matières grasses de *Pentaclethra macrophylla* Benth ont montré 8 spots dans le chromatogramme de la figure 3, ceci dénote leur similitude à celle de l'huile de soja qui a donné également 8spots dont 6 ont des Rf presque semblables à ceux de *Pentaclethra macrophylla* Benth.

La révélation aux vapeurs d'iode suivi de 2',7' – dichlorofluoroscéine nous laisse croire que nos huiles regorgeraient :

- l'acide laurique avec un Rf de 0,45 qui est identique à celui de nos huiles;
- les acides palmitique et oléique avec un Rf de 0,41 et 0,40 qui sont égaux à 0,40 trouvé pour nos échantillons (H_V, H_K, H_M);
- l'acide stéarique avec un Rf de 0,31 trouvé également pour les échantillons H_K et H_M. Le Rf de 0,48 trouvé pour H_M correspond à celui de l'acide myristique. Le Rf de 0,54 trouvé pour l'acide linolénique pourrait faire suspecter sa présence dans H_V qui a montré également un Rf de 0,58. Signalons que le spot de l'acide linolénique était moins prononcé. Sa suspicion pourrait être confirmée par d'autres études.

Au regard des travaux antérieurs, nous rejoignons Onwuliri et ses alliés en 2004^[11], Kabele Ngiefu en 1975 ainsi qu'Ajayi et alliés en 2002 qui ont montré également la présence de ces acides gras dans l'huile de *Pentaclethra macrophylla*. Ils ont confirmé la présence



de l'acide linoléique qui s'y retrouve à une teneur assez élevée : 45%, 40,4% et 35,76% respectivement. Tous trois ont travaillé en chromatographie en phase gazeuse (C.P.G) qui est une méthode beaucoup plus performante que la C.C.M. que nous avons utilisée.

La spectrométrie par émission atomique (ICP) qui est une méthode avec une limite de détection assez élevée a dosé le Cu, le Fe, le Mn, le Co, le Ca, le K, le Pb, l'As et le Ti. Ici également, nous observons que les teneurs varient d'un échantillon à un autre, comme le montre le tableau IV. Nous pouvons remarquer que le Pb, le Co, l'As et le Ti se retrouvent sous forme des traces dans les trois échantillons avec des teneurs de 1,00 ppm ; 0,51 ppm ; 0,55 ppm pour le plomb respectivement dans E_M, E_V, E_K. Pour le cobalt, nous avons 1,32 ppm ; 1,67 ppm ; 1,01 ppm ; Les teneurs de l'arsenic sont 1,36 ppm dans E_M, 1,76 ppm dans E_V et 1,39 ppm dans E_K. Enfin, pour le titane nous avons obtenu 1,06 ppm dans E_M, 0,22 ppm dans E_V et 0,41 ppm dans E_K. Ceci prouve à suffisance la limite de détection élevée de l'ICP car on peut détecter même les éléments en hyper traces dans les échantillons.

L'arsenic et le plomb sont toxiques dont la présence dans un aliment mérite un contrôle sévère. Leur dosage relève toujours des techniques d'une grande sensibilité dans les aliments. Bien que sous forme des traces, ils peuvent être à la base des maux des têtes qu'éprouvent ceux qui consomment les amandes de ces graines si elles n'ont pas été préalablement ruisseées.

La présence du Cu, du Fe, du Mn, du Zn, du P, du Ca et du K a également été confirmée par Enujiugha en 2005 et Ajayi et alliés en 2002, qui eux ont travaillé par spectrométrie d'absorption atomique. Remarquons également que les différentes teneurs ne sont pas les mêmes ni ne s'avoisinent. Elles sont spécifiques d'un échantillon à un autre.

Nous remarquons des fortes divergences dans les différentes teneurs, c'est le cas de la teneur en Fer, Ajayi et alliés ont trouvé 6,66 ppm alors que dans nos échantillons cette teneur va de 78,03 ppm pour E_V, 83,47 ppm pour E_M à 86,52 ppm pour E_K. Ceci s'explique par le fait que les échantillons n'ont pas une même provenance. Les teneurs en éléments minéraux dans une plante sont fonction du type du sol. De tous ces éléments, le calcium, le phosphore et le potassium se retrouvent en quantité notable dans les amandes des graines de *Pentaclethra macrophylla*.

Les teneurs trouvées par Akindahunsi en 2005 sont de 3,7 mg pour l'acide cyanhydrique et 4,5 mg pour l'acide phytique. Nous remarquons que la valeur de 3,7 mg en HCN est largement inférieure à 89,72 mg, 84,70 mg et 76,95 mg trouvées aux cours de nos analyses, alors que 4,5 mg de l'acide phytique semble être légèrement supérieure à 2,74 mg ; 3,04 mg et 3,30 mg que regorgent nos graines.

Eu égard à ces divergences, la dose journalière acceptable (DJA) n'est pas connue que ça soit en ce qui est de l'HCN que de l'acide phytique. Nous savons seulement que ces

facteurs peuvent être préjudiciables en cas de consommation de la graine crue et en grande quantité [2].

V. CONCLUSION

Nous avons effectué les différentes analyses afin de contribuer à la valorisation et à la vulgarisation des graines de *Pentaclethra macrophylla* ainsi que de l'huile extraite. Il s'agit de la détermination de leurs compositions chimiques, de la détermination des paramètres physico-chimiques et du profil chromatographique des huiles extraites des amandes, de l'identification et du dosage des éléments minéraux et enfin de la détermination de quelques-uns des facteurs antinutritionnels.

La composition chimique pour 100g de la matière sèche a montré que les amandes des graines de *Pentaclethra macrophylla* sont potentiellement riches en macromolécules dosées. Les teneurs en lipides sont les plus élevées suivies de celles des protéines et enfin de celles des fibres. Les apports théoriques en énergie sont sensiblement grands.

Les paramètres physico-chimiques déterminés classent nos huiles parmi les huiles de haute acidité vue les valeurs trouvées pour l'indice d'acide. L'indice de peroxyde a prouvé que nos huiles ne sont pas rances. Les valeurs trouvées pour H_V, H_K et H_M en ce qui concerne l'indice de saponification prouvent que nos huiles sont comestibles. Les valeurs de l'indice d'iode classent nos huiles parmi les huiles semi-siccatives. L'analyse de la densité a montré des valeurs qui pourraient classer nos huiles parmi les semi-siccatives. Ceci a été confirmé par les valeurs trouvées pour l'indice de réfraction.

Le profil chromatographique en C.C.M a montré que les huiles de nos échantillons contiennent des acides gras, des stérols, des triacyl glycérols et des hydrocarbures en ce qui concerne l'analyse des lipides totaux. Le nombre des spots obtenu pour les triglycérides a prouvé leurs richesses en ces dernières. Ceci leur confère une certaine valeur alimentaire car les principaux lipides alimentaires sont les triglycérides parce qu'ils comportent un glycérol et trois acides gras [28].

L'analyse des acides gras a recelé la présence de l'acide laurique, l'acide palmitique, l'acide oléique et l'acide stéarique. Nous y avons suspecté la présence de l'acide linoléique mais le spot était moins prononcé et ceci dans l'échantillon du lac de ma vallée.

Ce mélange d'acides gras permettra à nos huiles de jouer leurs rôles fonctionnels dans l'alimentation humaine.

De l'analyse des éléments minéraux, l'identification a détecté la présence de : Zn, Pb, K, Ca, Ti, Mn, Fe, Co, Cu dans les graines de *Pentaclethra macrophylla*.

Le Pb, le Co, l'As et le Ti se retrouvent sous forme des traces dans les trois échantillons alors que le calcium, le phosphore et le potassium se retrouvent en quantité notable. Les différentes teneurs obtenues varient d'un échantillon à un autre. Ce qui est normal car les teneurs varient en fonction du milieu (sol, fertilisation ...) où les végétaux sont cultivés [13].

De l'analyse des facteurs antinutritionnels, les amandes des graines de *Pentaclethra macrophylla* contiennent l'acide cyanhydrique et l'acide phytique avec des quantités qui ne varient pas sensiblement d'un échantillon à un autre. Malgré les faibles teneurs trouvées, il suffit de bien cuire ces amandes et de bien les rouir pour rendre inactives ces substances naturelles [2].

En perspective d'avenir, il est recommandable de procéder à l'analyse des vitamines et d'antioxydants contenus dans les graines de *Pentaclethra macrophylla* et dans son huile.

REFERENCES

- [1] Vidal N. Des hommes et des graines. Au fil de l'Histoire et des cultures. Delachaux & Niestle éd, Paris. **2016**, p 336
- [2] Dupin H., Cuq J.L, Malewiak M.I., Leynaud, Berthier AM. Alimentation et Nutrition Humaine. ESF éd, Paris. **1992**, pp 941 – 943
- [3] Lejolly J. Systématiques des plantes (phanérogames et cryptogames), 2ème édition, Bruxelles. **2003**, p 156
- [4] Mouamfon M., Guedje N.M., Pepainyiene I., Zapfack L., Ngueguim J.R. , Lejoly J. *Pentaclethra macrophylla Benth* dans la forêt communautaire de Payo (Est-Cameroun): inventaire, productivité et commercialisation. International Journal of Biological and Chemical Science. **2015**, 9:1
- [5] Dongmo G. Propriétés antidiabétiques des extraits *Pentaclethra macrophylla benth.* (mimosaceae) chez les rats, éditions universitaires européennes, sciences humaines, AJOL. **2011**
- [6] Edu E. A., Akwaji P.I. *Pentaclethra macrophylla Benth* (African oil bean tree) and Parkia biglobosa Jacq (African locust bean tree): The Declining Giants of The Rainforest of Nigeria (The Northern Cross River Situation) , Scientific News. **2017**, 64, 127-138
- [7] Latham, P. Useful plants of Bas-Congo province, Democratic Republic of the Congo. DFID, London, United Kingdom. **2004**, 320 pp.
- [8] Kekharo, Adam S.G. La pharmacopée sénégalaise traditionnelle, plantes médicales et Toxiques. Vigot frère éd, Paris, Bruxelles. **1974**, p 581
- [9] Nwokedi, C.I.C. *Pentaclethra macrophylla Benth* a potential oil seed. Tech. Report No. 14. Nigerian stored Product Research Institute. **1975**
- [10] Odoemelam, S.A. Proximate composition and selected physicochemical properties of the seeds of African oil bean (*Pentaclethra macrophylla*). Pak. J. Nutr. **2005**, 4: 382-383.
- [11] Onwuliri V. A., Attahand I. Nwankwo J.O. Anti-nutritional factors, essential and non – essential fatty acids composition of Ugba (*Pentaclethra macrophylla Benth*) seeds at different stages of processing and fermentation. Journal of biological sciences 4 (5). **2004**, pp 671-675
- [12] Duke, J.A. Handbook of Legumes of World Economic Importance. 1st Ed., Plenum Press, New York, **1981**. pp: 199-265.
- [13] Coic Y. Coppenet M. Les oligo – éléments en agriculture et élevage. Institut national de la recherche agronomique. Paris, **2002**, p.98
- [14] Gilbert G. et Boutiquet. Flore du Congo belge et Rwanda- Urundi, spermatophytes, volume III, Bruxelles. **1952**, p 138
- [15] Ogueke C.C., Nwosu J.N., Owuamanam C.I. and Iwouno J.N. Ugba, the Fermented African Oilbean Seeds; its Production, Chemical Composition, Preservation, Safety and Health Benefits. Pakistan Journal of Biological Sciences, **2010**, 13: 489-496.
- [16] Foulon M., Meurens M. Analyse des aliments. Notes de laboratoire didactique. Unité de biochimie de la Nutrition, université catholique de Louvain. **1990**, pp 19 – 34
- [17] Wolff, J.P. Manuel d'analyse des corps gras. Azoulay éd., Paris. 1968, 519 p.
- [18] Afnor. Corps gras, graines oléagineuses, produits dérivés, recueils des normes françaises de 4ème éd. **1988**
- [19] A.O.A.C. Official methods of analytical chemist, assoc. of official analytical chemists. Arlington , U.S.A. **1984**, pp.125 – 126
- [20] Stahl. E, Schild.W. Pharmazeutische biologie drogen analyse II. Inhalisstoffe und isolierungen, Gustav Fischer Verla, Sturgrt, New York. **1981**
- [21] Ngombe Kabamba N. Détermination des profiles chromatographiques sur couche mince de la matière grasse de l'amande du fruit de *Aniosophillea quangensis*, Memoire DEA, Université Marien Ngouabi. **2005**
- [22] Burgot G., Burgot J.L. Méthodes instrumentales d'analyse chimique et applications : Méthodes chromatographiques, électrophorèses et méthodes spectrales. Edition médicale internationale, Paris. **2002**, pp 290 - 297
- [23] Multon J.L. Techniques d'analyse et de contrôle dans les industries agro – alimentaires : Analyse des constituants alimentaires. 2ème édition, volume IV, Lavoisier- TEC et DOC, Paris. **1991**, p20
- [24] Douglas A. Skoog; Holler F.Fames; Timothy A.Nieman. Principes d'analyse instrumentale. De Boeck diffusion s.a, 1^{ère} édition, Paris. **2003**, p 88
- [25] Ajaji I. A., Dawodu F.A. Adebowale K.O., Oderine R.A. Chemical composition of *Pentaclethra macrophylla* seeds and seed oil grown in Nigeria. La rivista italiana delle sostanze grasse. Vol LXXIX-MAGGIO, **2002**, p184.
- [26] Akindahunsi A.A. Physicochemical studies on African oil bean (*Pentaclethra macrophylla Benth*) seed. Journal of food, Agriculture & environment. Vol.2 (3 & 4), **2004**, p16.
- [27] Kabele Ngiefu C. Contribution à l'étude chimique des plantes oléagineuses de la République du Zaïre, Thèse de doctorat, Faculté des sciences, **1975** , UNAZA.
- [28] Aptelbaum M., Forrat C., Nillus P. Diététique et Nutrition, 5^{ème} édition, MASSON, Paris, 1981, p 43