

CARACTERISATION BIOCHIMIQUE ET FONCTIONNELLE DES GRAINES DE SEPT CULTIVARS DE VOANDZOU [*VIGNA SUBTERRANEA* (L.) VERDC. FABACEAE] CULTIVES EN CÔTE D'IVOIRE

Diallo Koffi Séraphin

Laboratoire de Nutrition et de Sécurité Alimentaire (LNSA),
Université Nangui-Abrogoua, Abidjan, Côte d'Ivoire

Koné Kisselmina Youssouf

Soro Doudjo

Laboratoire des procédés Industriels de Synthèse, de l'Environnement et des
Energies Nouvelles (LAPISEN), Institut National Polytechnique Félix
HOUPHOUËT-BOIGNY (INP-HB), Yamoussoukro-Côte d'Ivoire

Assidjo Nogbou Emmanuel

Yao Kouassi Benjamin

Laboratoire des procédés Industriels de Synthèse, de l'Environnement et des
Energies Nouvelles (LAPISEN), Institut National Polytechnique Félix
HOUPHOUËT-BOIGNY (INP-HB), Yamoussoukro-Côte d'Ivoire

Gnakri Dago

Laboratoire de Nutrition et de Sécurité Alimentaire (LNSA),
Université Nangui-Abrogoua, Abidjan, Côte d'Ivoire

Abstract

Seeds of Bambara groundnut [*Vigna subterranea* (L.) Verdc.] were collected from seven cultivars in the locality of Ouangolodougou, north Côte d'Ivoire. The seeds biochemical composition was evaluated in order to determine the nutritional value of Bambara groundnut. The results showed that the moisture content varied between 7.35 to 9.02%, ash content 2.55 to 2.98 %; crude fiber 2.57 to 4.08 % and the protein content 14.61 to 20.74%. Seeds lipid composition was varying between 7.69 to 8.55 %, while the content of carbohydrate was between 54.05 to 64.50 %. Energy value was found to range from 370.02 to 388.80 Kcal per 100 g of flour. The content of phenolic compound varied from 142.43 to 205.92 mg per 100 g EG. For the functional properties, the water absorption capacity was between 199.26 to 239.75 ml per 100 g of flour, while the oil absorption capacity was between

2 to 2.12 ml / g flour. The study showed that Bambara seeds grown in that area could be a good source of nutrients. Therefore, the judicious use of Bambara seeds could be a source of additional nutrients in the diet of vulnerable population.

Keywords: Biochemical characterization, *Vigna subterranea* L. Verdc, functional properties, Côte d'Ivoire

Résumé

Les graines de sept (7) cultivars de voandzou [*Vigna subterranea* (L.) Verdc.] ont été collectées dans la localité de Ouangolodougou, au nord de la Côte d'Ivoire. La composition biochimique des graines a été évaluée dans le but de déterminer leur valeur nutritionnelle. Les résultats ont montré une variabilité parmi les cultivars. Ainsi, la teneur en humidité est comprise entre 7,35 et 9,02%. La teneur en cendres a varié de 2,55 à 2,98%. La teneur en fibres brutes est située entre 2,57 et 4,08% et la teneur en protéines a varié de 14,61 à 20,74%. Concernant les teneurs en lipides des graines, elles ont été comprises entre 7,69 et 8,55 %, tandis que la teneur en hydrate de carbone est située entre 54,05 et 64,50%. La valeur énergétique a varié entre 370,02 et 388,80 Kcal pour 100 g de farines. Quant à la teneur en composés phénoliques, elle a varié de 142,43 à 205,92 mg EG pour 100g. Pour les propriétés fonctionnelles, la capacité d'absorption en eau est comprise entre 199,26 et 239,75 ml pour 100 g de farine, tandis que la capacité d'absorption en huile a oscillé entre 2 et 2,12 ml / g de farine. L'étude a révélé que les graines de bambara cultivées dans cette localité pourraient être une bonne source d'éléments nutritifs. Par conséquent, l'exploitation judicieuse des graines de voandzou pourrait constituer une source d'éléments nutritifs supplémentaires dans l'alimentation de la population vulnérable.

Mots clés: Caractérisation biochimique, *Vigna subterranea* L. Verdc., propriétés fonctionnelles, Côte d'Ivoire

Introduction

Dans les pays développés et sous-développés, il existe un besoin urgent de nouvelles plantes alimentaires ou de nouvelles sources pour satisfaire les besoins nutritionnels des populations toujours croissantes (Prakash et Misra, 1988). La non satisfaction de ces besoins expose une importante proportion de la population des pays en voie de développement à la sous-nutrition et bien souvent à la malnutrition (Akubor *et al.*, 2000). En effet, la carence en protéines est la forme la plus courante de la malnutrition dans les pays en développement (Mauron, 1973). Les céréales et tubercules à la portée d'une grande frange de la population sont relativement moins riches

en protéine. Du fait des difficultés économiques ou de la paupérisation, les protéines d'origine animale restent encore inaccessibles à une grande partie de la population. Les légumineuses sont des sources prometteuses de protéines végétales. En zone tropicale, le niébé (*Vigna unguiculata* L. Walp.), l'arachide (*Arachis hypogaeae* L.) sont largement consommées contrairement à d'autres espèces comme le voandzou (Yusuf *et al.*, 2008). Le voandzou (*Vigna subterranea* L. Verdc.) est la troisième légumineuse, la plus importante en termes de production et de consommation après l'arachide et le niébé (Linnemann, 1992 ; Howell, 1994). La plante est cultivée pour ses graines riches en protéines, en glucides, en lipides et en oligoéléments (Ijarotimi et Esho 2009; Mahala et Mohammed, 2010 ; Plusieurs Dje, 2011; Ndiang *et al.*, 2012). L'utilisation efficiente des graines des cultivars de voandzou comme ingrédient en industrie en boulangerie et en pâtisserie est conditionnée par la connaissance de leur composition physicochimique et des propriétés fonctionnelles de leurs farines (Eltayeb *et al.*, 2011). De nombreux travaux antérieurs concernant la caractérisation physicochimique et fonctionnelle ont été réalisées avec les graines et farines de voandzou (Olanipekun *et al.* 2012 ; Mazahib *et al.* 2013 ; Aremu et Ibrahim, 2014 ; Anhwange et Atoo, 2015). En raison de la faible disponibilité d'informations sur les paramètres physicochimiques et fonctionnelles des graines des cultivars de pois Bambara originaires de la Côte d'Ivoire, l'étude de ces différents paramètres s'avère nécessaire pour enrichir les connaissances existantes. La présente investigation a pour objectif de déterminer les caractéristiques biochimiques et fonctionnelles de la farine des graines de sept cultivars de voandzou de zone savanicole de Côte d'Ivoire. Cette étude pourrait fournir des informations de base qui permettraient l'utilisation de la farine de voandzou dans la production des produits alimentaires.

Materiel Et Methodes

Matériel végétal

Les graines matures de sept (7) cultivars de voandzou ont été utilisées dans cette étude. Ces graines ont été collectées chez des paysans et des commerçantes aléatoirement choisis dans la localité de Ouangolodougou (9°58'08.4"N 5°09'46.2"W) (région du Tchologo). La collecte des accessions de voandzou a été réalisée entre Novembre 2011 et Février 2012. Cette période correspond à la période de récolte du voandzou.

Préparation des échantillons pour analyse.

Les graines de voandzou sont triées et classées en fonction de la coloration du tégument (Figure 1). Les graines de chacun des cultivars sont broyées à l'aide d'un moulin à marteau muni d'un tamis de maille 200µm.

Les farines obtenues sont conditionnées dans des boîtes en plastique et conservées à température ambiante pour les différentes analyses.



Figure 1 : Aspect des graines des différents cultivars de voandzou collectés. (A) Noir Uniforme (NU) ; (B) Rouge Uniforme (RU) ; (C) Beige Uniforme ; (D) Beige Panaché de Rouge ; (E) Noir Panaché de Beige ; (F) Beige contour Hile Gris ; (G) Beige contour Hile Noir.

Méthodes

Evaluation des caractéristiques physico-chimiques des cultivars du voandzou

Détermination du taux d'humidité (H)

Le taux d'humidité a été déterminé selon la méthode AOAC (2005). La farine de graines de voandzou (2g) est placée dans une capsule préalablement pesée et mise à l'étuve (Memmert, Allemagne) à 105 °C jusqu'à poids constant.

Détermination de la teneur en cendres brutes (C)

3 g de farine de graines de voandzou ont été utilisés pour la détermination du taux de cendres selon la méthode gravimétrique (AOAC,

2005). L'incinération des échantillons est effectuée dans un four à moufle (Nabertherm GmbH, Allemagne) à 550°C pendant 6 heures. Le taux de cendres obtenu après incinération est calcul.

Détermination du taux de matières grasses (MG)

Les lipides contenus dans 5 g de farine de graines de voandzou ont été extraits au soxhlet par 200 mL d'hexane pendant 6 Heures. L'excès de solvant est évaporé au rotavapor (IKA HB 10 basic).

Détermination du taux de protéines (P)

Environ 0,1 g de farine de graines de voandzou sont utilisés pour déterminer le taux des protéines brutes à partir du dosage de l'azote total par la méthode de Kjeldhal (AOAC, 2005). Le taux de protéine a été obtenu en multipliant la teneur en azote total par un facteur de convention 6,25.

Détermination du taux de glucides totaux (G)

La teneur en glucides (G) a été estimée par la méthode de différence. Selon la méthode (AOAC, 2005), elle a été calculée en soustrayant de 100, la somme de l'humidité (H), de la matière grasse (MG), des protéines (P) et cendres (C) contenus dans l'échantillon.

Détermination du taux de fibres brutes (FB)

Les teneurs en fibres brutes des échantillons sont déterminées par la méthode de Weende (Wolff, 1968). Pour cela, 1g farine de graines de voandzou (M) est porté à ébullition dans 50 ml d'acide sulfurique (0,25 N) et ensuite dans 50 ml de soude (0,31 N) pendant 1h. Le résidu obtenu est séché à 105°C pendant 8 h puis incinéré à 550°C pendant 3 h.

Détermination de la Valeur Energétique (VE)

La valeur énergétique totale a été calculée selon la méthode de Manzi (1999)

Evaluation des propriétés fonctionnelles des farines

Sur les farines, la capacité d'absorption d'eau, l'indice de solubilité à l'eau, la capacité d'absorption en huile et le rapport hydrophile-lipophile ont été déterminés.

Capacité d'absorption d'eau et indice de solubilité à l'eau

La capacité d'absorption d'eau (CAE) et l'indice de solubilité à l'eau (ISE) sont déterminés suivant la méthode de Philips et *al.*, (1988) et Anderson et *al.*, (1969). Un (1g) gramme de farine de graines de voandzou est dispersé dans 10 mL d'eau distillée. Après agitation pendant 30 min à

l'aide d'un agitateur, le mélange est centrifugé à 4500 trs/min pendant 10 min et le culot humide est séché à 105°C jusqu'à poids constante.

Capacité d'absorption d'huile

La capacité d'absorption d'huile est déterminée suivant la méthode de Sosulski (1962). Un gramme (1 g) de farine de graines de voandzou est dispersé dans 7 ml d'huile de palme raffinée. Après agitation pendant 30 min, le mélange est centrifugé à 4500 trs/min pendant 10 min et le culot est récupéré puis pesé.

Analyse statistique

Les données obtenues ont été soumises à une analyse de variance (ANOVA 1). Lorsque la valeur F de cette analyse est significative au seuil de 5%, les moyennes sont comparées par le test de Duncan. Toutes ces analyses ont été réalisées à l'aide du logiciel STATISTICA version 7.1.

Resultats Et Discussion

Tableau 1 : Composition physicochimique de la farine des graines des cultivars de voandzou

	BHG	BHN	BPR	RU	NU	BU	NPB
Eau (%)	9,02±0,59a	8,47±0,61a	8,71±0,47a	8,79±0,63a	7,33±0,71b	8,68±0,72a	8,36±0,46a
Cendre (%)	2,66±0,42ab	2,98±0,20b	2,73±0,29ab	2,79±0,50ab	2,55±0,13a	2,77±0,19ab	2,76±0,39ab
Fibres (%)	3,42±1,38ab	3,93±0,43a	3,02±1,48ab	3,99±1,65a	2,57±0,75b	4,01±1,19a	3,45±0,83ab
Protéines (%)	20,74±2,02c	16,93±0,60a	18,03±1,51a	17,58±1,94a	15,33±1,40b	14,61±1,47b	19,68±1,40c
Lipides (%)	7,88±0,99a	7,69±1,10a	8,10±0,75a	8,55±0,93a	7,72±1,04a	8,16±0,26a	7,72±1,05a
Glucides (%)	54,05±2,39c	59,99±1,18ab	59,40±1,86ab	58,29±3,93a	64,50±3,41d	61,77±3,44b	58,03±0,37a
V E (Kcal/100g)	370,02±9,91c	376,96±4,42ac	382,65±4,43ab	380,48±9,69ab	388,80±5,43b	378,95±5,55abc	380,31±5,29abc
Co phén (mg/g)	149,10±10,79bc	150,72±37,22b	173,28±5,34bc	205,92±8,55c	199,60±32,56a	142,43±21,54a	192,60±0,85

*Dans une même ligne, lorsque les lettres indexées aux chiffres sont identiques, il n'y a pas de différences significatives entre les moyennes au seuil de 5%. Test de Duncan

Tableau 2 : Propriétés fonctionnelles des farines de la farine des cultivars de voandzou

	BHG	BHN	BPR	RU	NU	BU	NPB
CAE (ml/100g)	213,28±16,11ac	225,95±42,13ab	225,98±12,18ab	239,75±12,94b	227,18±16,16ab	199,26±3,19c	213,84±9,97ac
CAH (ml/g)	2,00±0,11a	2,06±0,30a	2,04±0,17a	2,12±0,04a	2,12±0,08a	2,03±0,04a	2,03±0,08a
ISE	0,43±0,03a	0,45±0,08a	0,46±0,03a	0,46±0,03a	0,43±0,04a	0,45±0,04a	0,46±0,01a

*Lorsque les lettres indexées aux chiffres sont identiques, alors il n'y a pas de différences significatives entre les moyennes ; sinon il existe une différence significative au seuil de 5%. Test de Duncan

CAH : Capacité d'absorption en eau ; CAH : Capacité d'absorption en huile ; ISE : Indice de solubilité dans l'eau

Caractéristiques biochimiques des graines des différents cultivars de voandzou

La composition biochimique des graines des sept (7) cultivars de voandzou est résumée dans le tableau 1. Le taux d'humidité de la farine des différents cultivars de voandzou a varié de 7,33 à 9,02% de matière fraîche. Le cultivar Noir Uniforme (NU) a exprimé la teneur la plus faible (7,33 % de M F). Les six (6) autres cultivars ont sensiblement la même teneur en eau. Des valeurs similaires de taux d'humidité de la farine du voandzou ont été rapportées par Amarteifio et *al.*, (2010); Okonkwo et Opara (2010); Anhwangé et Atoo (2015). Généralement, les graines de voandzou sont connues pour leur faible humidité. Cela permet une bonne et longue durée de conservation. Une forte teneur en humidité diminue le temps de stockage et impacte la qualité des graines (Anhwangé et Atoo, 2015).

Les cultivars de voandzou ont des teneurs en cendres situées entre 2,55% (NU) et 2,98% (BHN) de MS. Les cultivars étudiés sont statistiquement identiques à l'exception du cultivar (NU). Les teneurs sont inférieures à ceux rapportés par Mazahid et *al.*, (2013) qui ont obtenu des teneurs moyennes de 3,25% avec des graines de voandzou originaires du Soudan. Il en est de même pour Amartiefio et *al.* (2010) et Abiodum et *al.* (2011) qui ont rapporté des teneurs comprises entre 3,57 g/100 g et 4,85 g/100 g de matière sèche pour des graines originaires de la Namibie, de la Swaziland et du Nigéria. Selon Amarteifio et *al.*, (2006), cette différence entre les teneurs en cendres pourrait s'expliquer par la texture et la composition des sols qui auraient un effet sur l'absorption minérale des plantes et les différences variétales (Osorio-Diaz et *al.*, 2002; Rosin, Lajolo, et Menezes, 2002).

La teneur en fibres brutes des graines varie de 2,57 à 4,01 % de matière sèche (tableau 1). Un effet teneur en fibres brutes significatif ($P < 0,05$) existe entre les graines des différents cultivars. Avec les cultivars BHN, RU et BU les teneurs en fibres ont statistiquement été identiques. Ces teneurs sont significativement plus élevées que celles des autres cultivars. Des résultats similaires ont déjà été rapportés par Abiodum et *al.* (2011) et Fasoyiro et *al.*, (2012). Par contre, Mazahid et *al.* (2013) ont trouvé des valeurs plus élevées à celles de notre étude. Selon Amarteifio et *al.*, (2010) et Himeda (2012), les différences de teneurs des nutriments dans les plantes alimentaires sont dues, en grande partie, au type de sol, au traitement post-récolte, aux conditions environnementales et degré de maturation.

Les teneurs en lipides des différents cultivars de voandzou sont présentées dans le tableau 1. Les teneurs obtenues ont varié de 7,72 et 8,55%. La plus forte valeur est observée avec le cultivar (RU). L'analyse statistique ne révèle pas de différence significative ($P > 0,05$). Les résultats obtenus sont similaires aux valeurs obtenues par Amarteifio et Moholo

(1998); Alajaji et El-Adawy (2006) et Boateng, et *al.*, (2013). Ces auteurs ont montré que les graines de légumineuses, à l'exception du soja et de l'arachide, contiennent de façon générale peu de lipides. Cependant, les teneurs obtenues sont supérieures à celles rapportées par Abiodun et Adepeju (2011). Les teneurs en lipides des graines de cultivars de voandzou sont relativement faibles comparées à celles du soja (40%) et l'arachide (56%) (Kaya et *al.*, 2009). Vu les faibles teneurs en lipides de ces graines de cultivars de voandzou, elles peuvent être recommandées pour une alimentation hypolipidémie.

Le taux de glucides totaux des cultivars ont varié entre 54,05 et 64,50 % de M S. Une différence significative ($P < 0,05$) est observée entre les différents cultivars. Les graines des cultivars de voandzou étudiées sont dans l'ensemble, constituées à plus de 50% de glucides. Ces teneurs sont en accord avec celles rapportées par Piyarat Sirivongpaisal, (2007), Yusuf et *al.* (2008), Boateng et *al.*, (2013) et Mazahib, (2013). Les teneurs rapportées par ces auteurs sont comprises entre 54,51 et 65% de MS. Cependant, nos résultats sont inférieures à ceux rapportés par Aremu et *al.*, (2006) et Mahala et *al.* (2010). Ces auteurs ont rapporté des teneurs moyennes de 73,50 %. De plus, les résultats obtenus sont supérieurs à ceux de Okonkwo et Opara, (2010) avec des graines de voandzou originaires du Nigéria. Ces différences observées entre les résultats peuvent être attribuées aux propriétés variétales, et aux conditions environnementales de leur culture (Aremu et *al.*, 2006 ; Boateng et *al.* ; 2013). Les glucides totaux constituent la fraction majoritaire de graines dans lesquelles ils représentent 24 à 68% de la matière sèche. Cette fraction est prédominée par l'amidon et la teneur est comprise entre 22% et 45% selon l'espèce de légumineuses (Hoover et Sosulski, 1991). Les fortes teneurs en hydrates de carbones des graines de voandzou font de cette légumineuse une excellente source d'énergie à l'instar des autres légumineuses telles que niébé et le pois d'angole (Ofuya et *al.*, 2005).

Les graines des cultivars de voandzou ont des teneurs moyennes en protéines comprises entre 14, 61 et 20,74g/100 g de MS protéines (Tableau 1). (BU) a enregistré la plus faible teneur (14,61 % MS), tandis que le cultivar (BHG) a exprimé la valeur la plus élevée (20,74.% MS). L'analyse statistique a révélé une différence significative ($P < 0,05$) entre les teneurs en protéines des graines des cultivars de voandzou collectés. Les résultats obtenus sont sensiblement égales aux valeurs rapportées par Amartiefio et *al.*, (2002), et Amartiefio et *al.*, (2010). Ces auteurs ont obtenu respectivement 15,1 – 22,1 ; 17,5 – 21,2 grammes de protéines pour 100 grammes de matières sèches. Cette différence serait due aux génotypes et aux conditions environnementales sous lesquelles ces graines ont été cultivées (Salunkhie et *al.*, 1985 ; Aremu et *al.*, 2005). Vu les teneurs en protéines, les graines de voandzou, pourraient être utilisées pour pallier les

problèmes de malnutrition protéino-Energétique (Aberoumand, 2008). L'utilisation des graines de voandzou en nutrition animale, pourrait permettre de réduire le coût de l'élevage moderne qui est fortement dépendant des tourteaux de soja importés. En effet l'utilisation de graines torréfiées ou crues de voandzou dans l'élevage de poulet par Ironkwe et Esonu, (2012) ont donné des résultats encourageants.

La valeur énergétique de la plupart des légumineuses pour 100g est comprise entre 300 et 540 Kcal. Cette énergie est nécessaire pour tous les processus métaboliques. L'énergie des légumineuses provient de l'apport des protéines, des lipides et des glucides (Ofuya et *al.*, 2005). La richesse en glucides des graines de voandzou contribue fortement à l'approvisionnement énergétique.

Les teneurs en polyphénols des graines de voandzou sont résumées dans le tableau 1. Ces teneurs sont significativement différentes ($p \leq 0,05$). Les graines des cultivars de voandzou collectés sont riches en composés phénoliques. En effet les valeurs obtenues ont varié entre 142,43 et 205,92 mg équivalent Acide Gallique/100 g de matière sèche. Les graines colorées (RU et NU) possèdent les plus fortes teneurs qui sont respectivement de 205,92 et 199,60 mg équivalent d'Acide Gallique /100g de MS. Ces résultats sont proches de ceux rapportés par Yagoub et Abdalla, (2007). Les teneurs en polyphénols totaux rapportées par ces auteurs étaient comprises entre 94 à 217 mg Acide Gallique/100 g. Cependant elles sont très élevées comparativement aux valeurs rapportées par Abel Mbaïogaou et *al.*, (2013). Ces résultats confirment les données de la littérature indiquant que les baies, des fruits et les téguments des graines et légumes colorées sont riches en polyphénols (Wolf et *al.*, 2003 ;Peschel et *al.*, 2006 ; Mbaïogaou et *al.*, 2013).

Propriétés fonctionnelles des graines des différents cultivars de voandzou

La capacité d'absorption en eau (CAE) des farines de voandzou est résumée dans le tableau 2. L'analyse de statistique a montré une différence significative ($P < 0,05$). La capacité d'absorption en eau des farines des cultivars est comprise entre 199,26 et 239,75 ml/100g de farine. Les farines des graines des cultivars BHN et BPR ont des capacités d'absorption en eau similaires. Il en est de même pour les cultivars BHG et NPB. La farine du cultivar RU a la CAE la plus élevée (239,75%). Les valeurs obtenues sont similaires à celles rapportées par Sirivongpaisal, (2007), Abdel Rahman, Eltayeb et *al.*, (2011) avec une valeur moyenne de 227 ml/100g. Mais ces valeurs sont supérieures à celles rapportées par Yusuf et *al.* (2008) et Abou et *al.*, (2010,). Ceux-ci ont obtenu des valeurs de 132,64 et 174 ml/100g respectivement pour les farines de graines de *Cicer arietinum* L. et de

graines de voandzou. La taille des graines de farines et d'amidon, la différence variétale et la teneur en hydrate de carbone sont à l'origine des différences observées. La Capacité d'Absorption en Eau (CAE) est un indicateur utile à déterminer car il permet de savoir si les farines peuvent être incorporées dans des formulations alimentaires aqueuses (Boateng et *al.*, 2013). Les CAE élevées dans la présente étude suggèrent que la farine de voandzou peut être utilisée dans la formulation de certains aliments comme les saucisses, les pâtes, le fromage fondu, les soupes et les produits de boulangerie Olaofe et *al.* (1998).

Concernant la Capacité d'Absorption en Huile (CAH) des farines des cultivars de voandzou, elles sont comprises entre 2,04 mL/g et 2,12 mL/g de farine. L'analyse statistique des résultats montre une différence significative ($P < 0,05$). Les valeurs obtenues pour les cultivars étudiés sont plus élevées que les valeurs rapportées par Kaptso, et *al.*, (2007). En moyenne, les valeurs de CAH observées pour les différentes farines étaient toujours beaucoup plus élevées que celles rapportées pour les farines à base de soja (1,94 ml / g) (Chau et Cheung, 1998) et plus faibles que celles des haricots du Nord (3,29 ml / g) (Sathe et Salunkhe, 1981); Chel et *al.*, 2002). Cette différence pourrait s'expliquer par la taille des particules des farines. En effet, indépendamment de la variété, il a été observé que l'augmentation de la taille des particules de farines entraînait une augmentation de CAH des farines. Cet effet suggère que les différences dans la taille des particules de farines influenceraient naturellement leur utilisation dans tous les processus de préparation des aliments. Aussi, les différences de CAH des farines seraient-elles dues à des variations dans le niveau et le type de chaînes latérales non polaires présents dans les farines obtenues à partir des différentes variétés de légumineuses. La CAH de la farine de voandzou est plus élevée que celle de la farine sésame, il se pourrait que la farine de voandzou ait des protéines plus hydrophobes que la farine de sésame (Lawal et Adebawale, 2004). La Capacité d'Absorption en Huile est d'une importance capitale puisqu'elle permet de retenir la saveur des aliments (Aremu et *al.*, 2007). Il a été signalé que des variations dans la présence de chaînes latérales non polaires dans les farines peuvent lier les chaînes latérales d'hydrates de carbone aux lipides, ce qui explique les différences de capacité d'absorption en l'huile (Adebawale et Lowal, 2004).

Les indices de solubilité des farines issues des cultivars de voandzou sont tous inférieurs à 0,5. Il n'y a pas de différence significative ($P > 0,05$). Cet indice donne l'affinité à une farine à se disperser dans l'eau et à donner une solution homogène.

Conclusion

Au total, cette étude a montré que les graines des cultivars de voandzou sont une excellente source de nutriments, surtout de protéines. Au regard de la composition physicochimique, le voandzou pourrait être exploité en nutrition et pour la formulation d'aliments. Les bonnes propriétés fonctionnelles des farines de voandzou font d'elles d'excellents ingrédients dans la production de saucisses, de pâte, de soupes et de produits de boulangerie. Elles peuvent être utilisées pour fortifier les farines conventionnelles pauvres en protéines. Parmi les cultivars étudiés, les cultivars BHG et NPB présentent les meilleurs profils.

Références:

- Abel Mbaïogaou, Adama Hema, Mahama Ouédraogo, Eloi Palé, Michel Naitormbaide, Yaya Mahamout et Mouhoussine Nacro (2013). Etude comparative des teneurs en polyphénols et en antioxydants totaux d'extraits de graines de 44 variétés de voandzou (*Vigna subterranea* (L.)Verdcourt). International. Journal of Biological and Chemical. Science. 7(2): 861-871.
- Abu El-Gasim Ahmed Yagoub et Abdalla Abdelsamad Abdalla (2007). Effect of domestic processing methods on chemical composition, in vitro digestibility of protein and starch and functional properties of bambara groundnut (*Voandzeia subterranea*) seed. Research Journal of Agriculture and Biological Science 3(1): 24-34.
- Abdel Rahman S. M. Eltayeb, Ali O. Ali, Azza A. Abou-Arab and Ferial M. Abu-Salem (2011). Chemical composition and functional properties of flour and protein isolate extracted from Bambara groundnut (*Vigna subterranean*), African Journal of Food Science Vol. 5(2): 82-90.
- Abiodun A.O., A.B. Adepeju (2011). Effect of Processing on the Chemical, Pasting and Anti-Nutritional Composition of Bambara Nut (*Vigna subterranea* L. Verdc) Flour. Advance Journal of Food Science and Technology 3(4): 224-227.
- Adebowale KO, Lawal OS (2004). Comparative study of the functional properties of Bambara groundnut (*Voandzeia subterranean*), jack bean (*Canavalia ensiformis*) and mucuna bean (*Mucuna pruriens*) flours. Food Research International, 37(4): 355-365. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2004.01.009>
- Adeyeye, E.I. and Aye, P.A. (1998). The effects of sample preparation on the proximate composition and the functional properties of the African yam bean flours. Note 1 La Rivista Italiana Delle Sostanze Grasse, LXXV- Maggio: 253-261.
- Adeyeye, E.I. and P.A. Aye, (2005). Chemical composition and the effect of salts on the food properties of *Triticum durum* whole meal flour, Pakistan. Journal of Nutrition. 4: 187-196.

- Adu-Dapaah H.K. and Sangwan R.S. (2004). Improving bambara groundnut productivity using gamma irradiation and in vitro techniques. *African Journal of Biotechnology*. 3 (5): 260 -265.
- Ahmed Gofoon Mahala and Abdallah Adam Abaker Mohammed (2010). Nutritive Evaluation of Bambara Groundnut (*Vigna subterranean*) Pods, Seeds and Hull as Animal Feeds. 6(5): 383-386.
- Ali Aberoumand (2008). Comparison of protein values from seven wild edible plants of Iran. *African Journal of Food Science*. (2) 73-76.
- Amarteifio J. O. and D. Moholo, (1998). The Chemical Composition of Four Legumes Consumed in Botswana. *Journal of Food Composition and Analysis* 11: 329–332.
- Amarteifio J.O., Tibe O., Njogu R.M (2010). The nutrient composition of bambara groundnut landraces (*vigna subterreanea*, (L.) verdc.) cultivated in southern Africa. *Agricultura Tropica et Subtropica* Vol. 43 (1): 1-5.
- Amarteifio J.O., Tibe O. Njogu R.M. (2006). The mineral composition of bambara groundnut (*Vigna subterranea* (L) Verdc) grown in Southern Africa. *African Journal of Biotechnology* 5: 2408-2411.
- Anchirina VM, Yiridoe EK, Bennett-Lartey SO (2001). Enhancing sustainable production and genetic resource conservation of bambara groundnut. A survey of indogenous agricultural knowledge systems. *Outlook in Agriculture* 30 (4): 281-288.
- Anderson, R. A., Conway, H. F., Pfeiffer, V. F., & Griffin, E. L. (1969). Roll and extrusion cooking of grain sorghum grits. *Cereal Science Today*. 14: 372-375.
- Anhwange B.A. and Atoo G.H. (2015). Proximate Composition of Indigenous Bambara nuts (*Vigna subterranean* (L.) Verdc). *SCSR Journal of Pure and Applied Science*. 2 (1), 11 – 16.
- AOAC (2005). Official method of analysis of the Association of official Analytical Chemist, 5th ad. AOAC Press, Arlington, Virginia, USA.
- Aremu MO, Olaofe O, Akintayo ET (2007). Functional properties of some Nigerian varieties of legume seed flours and flour concentration effect on foaming and gelation properties. *Journal of Food Technology* 5 (2): 109-115.
- Aremu, M. O. and Ibrahim, H. (2014). Mineral Content of Some Plant Foods Grown in Nigeria: A Review *Food Science and Quality Management*, Vol. 29: 73-89.
- Aremu, M.O., O. Olaofe and E.T. Akintayo, (2005). Nutritional qualities assessment of the presence of hill in some Nigerian underutilized legume seeds. *Bull. Pure Applied of Sciences.*, 24: 47-52.
- Bonny BS et Djè Yao, (2011). Variabilité morphologique et agronomique des variétés traditionnelles de voandzou [*Vigna subterranea* (L.) Verdc. (Fabaceae)] de Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Bioscience* 41: 2820 – 2835.

- Brough, S.H., Azam-Ali S.N. et Taylor A.J. (1993). The Potential of Bambara Groundnut in vegetable milk production and basic protein functionality systems. *Journal of Food Chemistry*. 47: 277-283.
- Boateng M.A, Addo J.K, Okyere H, Adu-Dapaah H, Berchie J.N, Tetteh A (2013). Physicochemical and functional properties of proteinates of two Bambara groundnut (*vigna subterranean*) landraces. *African Journal of Food Science and Technology*. 4 (4): 64-70.
- Chel, G. L., Perez, F. V., Betancur, A. D., & Davila, O. G. (2002). Functional properties of flours and protein isolates from *Phaseolus lunatus* and *Canavalia ensiformis* seeds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50: 584–591.
- Chau C.F. and Cheung P.C.K. (1998). Functional properties of flours prepared from three Chinese indigenous legume seeds. *Food Chemistry* 61: 429–433.
- De Kock, C. (2004). Specialty Foods of Africa. Pvt Ltd, Harare, Zimbabwe.
- De Vries J. W., Prosky L., Li B., Cho S. (1999). A historical perspective on defining dietary fiber. *American Association of Cereal Chemists*, 44 (5): 367–368.
- Djè Y, Bonny BS, Zoro Bi IA, 2005. Observations préliminaires de la variabilité entre quelques morphotypes de voandzou (*Vigna subterranea* (L.) Verdc., Fabaceae) de Côte d’Ivoire. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement* 9 (4) : 249-258.
- Fasoyiro Subuola, Yudi Widodo and Taiwo Kehinde (2012). Processing and Utilization of Legumes in the Tropics, Trends in Vital Food and Control Engineering, Prof. Ayman Amer Eissa (Ed.), ISBN: 978-953-51- 0449-0, InTech, Available from: <http://www.intechopen.com/books/trends-in-vital-food-and-control-engineering/processing>.
- Ijarotimi S.O. and Esho R. T. (2009). Comparison of nutritional composition and anti-nutrient status of fermented, germinated and roasted bambara groundnut seeds (*Vigna subterranea*), *British Food Journal* 111: 376- 386.
- Himeda Makhlof (2012). Propriétés physico-chimiques et rhéologiques de la farine et de l’amidon de taro (*Colocasia esculenta* L. Schott) variété Sosso du Tchad en fonction de la maturité et du mode de séchage. Université de Lille, Thèse Unique, p. 245.
- Hoover, R., & Sosulski, F. W. (1991). Composition, structure, functionality and chemical modification of legume starches: A review. *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology*, 69, 79–92.
- Kaptso Giscard K. Kaptso, Nicolas Y. Njintang, Joseph D. Hounhouigan Joel Scher Carl M.F. Mbofung University, (2007). Production of Bambara Groundnut (*Voandzeia subterranean*) Flour for Use in the Preparation of Koki (a Steamed Cooked Paste): Effect of pH and Salt Concentration on the

Physicochemical Properties of Flour International Journal of Food Engineering. 3 (3): 1-20.

Kemo MS (2000). Chemical composition of four landraces of Bambara groundnut grown in Botswana. B.Sc thesis, Botswana College of Agriculture.

Lacroix B, Assoumou Ndong Y, Sangwan RS (2003). Efficient in vitro direct shoot regeneration systems in bambara groundnut (*Vigna subterranea* L. Verdc.). Plant Cell Replication. 21: 1153-1158.

Macheix, J.J., Fleuriet, A et Billot, J .1990. Fruit phenolics, CRC press, Boca Roton. In : les polyphenols en agroalimentaire Sarni-Manchado P, Cheynier V.2006., Tec et Doc Lavoisier-Paris.

Mauron J. Protein in Human Nutrition. Eds Rod, J.W.G. and Rolls B.A. Academic Press, New York. 1973; 1-2.

Mazahib, A. M., Nuha, M. O., Salawa I. S. and Babiker, E. E (2013). Some nutritional attributes of bambara groundnut as influenced by domestic processing. International Food Research Journal 20 (3): 1165-1171.

Müller O., Krawinkel M. (2005). Malnutrition and health in developing countries. Canadian medical Association Journal, 173 (3), 279-286.

Nunoo Pamela Aku (2009). Pasting of g-irradiated proteins from vigna subterranea in native starch models and the surface functional properties of the proteins. Kwame Nkrumah University of Science and Technology, Kumasi, These unique pp 72.

Obizoba IC (1983). Nutritive value of Cowpea- Bambara nut Groundnut-rice Mixture in Adult rats, Nutrition reports International 27: 709-712

Ofuya ZM, Akhidue V (2005). The role of pulses in human nutrition: A review. Journal of Applied.Of Science and Environment Management. 9: 99-104.

Okonkwo S.I and Opara F.M (2010). The analysis of Bambara groundnut (*Voandzeia subterranean* (L) thouars) for sustainability in Africa. Research Journal of Applied Science 5(6): 394-396.

Olanipekun, B.F. Otunola, E.T., Adejuyitan, J.A. and Adeyanju, J.A. (2012). Proximate and Fatty Acid Composition of Bambara Ground Nut (*Voandzeia subterranean* L. thouars) as Influenced by Fermentation with a Combination of *Rhizopus oligosporus* and *R.nigricans*, Transnational Journal of Science and Technology , 2 (9): 77-87.

Osorio-Diaz, P., Bello-Perez, L. A., Agama-Acevedo, E., Vargas-Torres, A., Tovar, J., & Paderes-Lopez, A. (2002). In vitro starch digestibility and resistant starch content of some industrialized commercial beans (*Phaseolus vulgaris* L.). Food Chemistry, 78, 333–337.

Padilla FC, Alvarez MT, Alfaro MJ (1996). Functional properties of barinas nut flour compared to those of soybean. Food Chemistry. 57: 191-196.

- Peschel W., Sandez-Rabaneda F., Diekmann W., Plescher A., Gartzia I., Jiménez D., Lamuela-Ravantos, R., Buxaderas S., Codina C., (2006). An industrial approach in the search of natural antioxidants from vegetable and fruit wastes. *Food Chemistry*, 97: 137-150.
- Philips R.D., Chinnan M.S., Branch A.L., Miller J., Mcwatters k.h. (1988). Effects of pretreatment on functional and nutritional properties of cowpea meal. *Journal of Food Science*, 53: 805–809.
- Rosin, P. M., Lajolo, F. M., & Menezes, E. W. (2002). Measurement and characterization of dietary starches. *Journal of Food Composition and Analysis*, 15, 367–377.
- Saleh A. Alajaji, Tarek A. El-Adawy (2006); Nutritional composition of chickpea (*Cicer arietinum* L.) as affected by microwave cooking and other traditional cooking methods ; *Journal of Food Composition and Analysis* 19: 806–812.
- Salunkhe, D.K., S.S. Kadam and J.K. Chavan, (1985). Post-harvest biotechnology of food legumes. CRC Press Inc. Boca Raton, Florida, USA.
- Saleh A. Alajaji, Tarek A. El-Adawy (2006). Nutritional composition of chickpea (*Cicer arietinum* L.) as affected by microwave cooking and other traditional cooking methods ; *Journal of Food Composition and Analysis* 19: 806–812.
- Sathe, S.K. and Salunkhe, O.K. 1981. Solubilization and electrophoretic characterization of the Great Northern Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) proteins. *J. Food Sei.* 46:82.
- Sosulski, F. W. (1962). The centrifuge method for determining flour absorption in hard red spring wheat. *Cereal Chemistry*, 39: 344-350.
- Sriroth, K., Piyachomkwan, K., Wanlapatit, S. & Oastes, C. G. (2000). Cassava starch technology: The Thai experience. *Starch/Stärke*, 52: 439–449.
- Stephens, J.M., (2009). Bambara Nut (*Voandzeia subterranea* (L.) Thouars.) Horticultural Sciences Department, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida, HS547, pp: 1-2. Retrieved from: <http://edis.ifas.ufl.edu>.
- Wolf A., Watson M., Wolf N., (2003). Digestion and dissolution methods for P, K, Ca Mg and trace elements. In: J. Peters (Editor), *Recommended Methods of Manure Analysis (A3769)*, University of Wisconsin-Madison, 30-47.
- Wolff J. P. (1968). *Manuel d'analyse des corps gras*; Azoulay éd., Paris (France), 519 p.
- Wood, W., Jacinto, A., Grose, R., Woolner, S., Gale, J., Wilson, C., Martin, P. (2002). Wound healing recapitulates morphogenesis in *Drosophila* embryos. *Nature Cell Biology*. 4(11): 907-912.

Touré Yaya, Koné Mongomaké, Silué Souleymane, Kouadio Yatty Justin (2013). Prospection, collecte et caractérisation agromorphologique des morphotypes de voandzou [*vigna subterranea* (L.) Verdc. (fabaceae)] de la zone savanicole en Côte d'Ivoire. European Scientific Journal. 9 (24): 308-325.

Yusuf, A. A., Ayedun, H., & Sanni, L. O. (2008). Chemical composition and functional properties of raw and roasted Nigerian benniseed (*Sesamum indicum*) and bambara groundnut (*Vigna subterranean*). Food Chemistry. 111 : 277–282. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.12.014>