

Caractéristiques biochimiques de quelques sous-produits agricoles de Côte d'Ivoire en vue d'une valorisation en alimentation de volaille

BAMBA Rokiatou¹, TOURE Naka², KONE Fankroma Martial Thierry^{1*} et TOURE Abdoulaye²

¹Laboratoire de Biocatalyse et des Bioprocédés, UFR Sciences et Technologies des Aliments, Université Nangui ABROGOUA, 02 BP 801 Abidjan 02, Côte d'Ivoire

²Laboratoire de Biotechnologie et Valorisation des Agroressources et Substances Naturelles, UFR Sciences Biologiques, Université Pelefero GON COULIBALY, BP 1328 Korbogo, Côte d'Ivoire

*Auteur correspondant : jankrom@yahoo.fr ; +225 0748038466

Mots clés : Sous-produit, composition biochimique, aliment, aviculture.

Keywords: By-product, biochemical composition, feed, poultry farming.

Submitted 04/09/2023, Published online on 30/11/2023 in the [Journal of Animal and Plant Sciences \(J. Anim. Plant Sci.\) ISSN 2071 – 7024](#)

1 RESUME

En Côte d'Ivoire, la production avicole augmente de façon exponentielle, mais l'utilisation insuffisante des intrants locaux rend les aviculteurs ivoiriens tributaires des industries extérieures. Dans ces conditions, de nouvelles stratégies doivent être identifiées pour prendre en compte les nouvelles contraintes et agir notamment au niveau de l'aliment. Ainsi, l'objectif de cette étude est la valorisation de sous-produits locaux, à savoir la pomme de cajou, les épiluchures et amandes de mangues, les tourteaux de coton et les tourteaux de karité dans l'alimentation de la volaille. Pour atteindre cet objectif, quelques caractéristiques biochimiques de ces sous-produits locaux ont été déterminées à l'aide de méthodes standards. Il ressort des analyses que les tourteaux de coton présentant la teneur en protéines (35 g/100g) la plus élevée, pourraient substituer partiellement le tourteau de soja (45 g/100g) couramment utilisé dans la formulation des aliments de volaille. Par ailleurs, la peau de mangue, l'amande de mangue et la pomme de cajou sont plus riches en glucides avec des valeurs respectives de $79,56 \pm 0,32$, $73,96 \pm 1,59$ et $69,33 \pm 1,79$ g/100g et constituent une bonne source énergétique ($346,24 \pm 3,22$ - $402,71 \pm 6,84$ kcal/100g) qui pourrait réduire l'utilisation du maïs (456 kcal/100g). Ils constituent également une bonne source en éléments minéraux dans l'alimentation. Les teneurs en facteurs antinutritionnels varient de $67,76 \pm 0,75$ à $239,88 \pm 2,90$; de $63,73 \pm 0,42$ à $104,93 \pm 1,01$ mg/100g et de $36,43 \pm 6,30$ à $136,88 \pm 0,001$ mg/100g, respectivement pour les tanins, les phytates et les oxalates. L'utilisation de ces sous-produits en alimentation de volaille doit tenir compte des seuils de tolérance de ces facteurs antinutritionnels.

ABSTRACT

In Côte d'Ivoire, poultry production is increasing exponentially, but the insufficient use of local inputs means that Ivorian poultry farmers are dependent on external industries. Under these conditions, new strategies need to be identified to take account of the new constraints and act, in particular, at feed level. Thus, the aim of this study is the valorization of local by-products, namely cashew apple, mango peelings and kernels, cotton cake and shea cake in poultry feed. To achieve this objective, some biochemical characteristics of these local by-products were determined using standard methods. Analyses showed that cottonseed cake,

with the highest protein content (35 g/100g), could partially substitute the soybean cake (45 g/100g) commonly used in poultry feed formulation. In addition, mango peel, mango kernel and cashew apple are richer in carbohydrates, with values of 79.56 ± 0.32 , 73.96 ± 1.59 and 69.33 ± 1.79 g/100g, respectively. They are a good source of energy (346.24 ± 3.22 - 402.71 ± 6.84 kcal/100g) and could therefore reduce the use of maize (456 kcal/100g). They are also a good source of minerals in the diet. The levels of anti-nutritional factors varying from 67.76 ± 0.75 to 239.88 ± 2.90 , from 63.73 ± 0.42 to 104.93 ± 1.01 mg/100g and from 36.43 ± 6.30 to 136.88 ± 0.001 mg/100g, respectively for tannins, phytates and oxalates. The use of these by-products in poultry feed must take into account the tolerance thresholds of these anti-nutritional factors.

2 INTRODUCTION

L'aviculture occupe une place prépondérante dans la production animale. La production de viande de volaille a connu un essor spectaculaire du fait de son cycle biologique, son métabolisme élevé et son faible coût de production par rapport aux viandes rouges (FAO, 2008). La production avicole ivoirienne est estimée en 2017 à 49 000 tonnes de viande de volaille et 1,581 milliard d'unités d'œufs, 250 milliards de FCFA de chiffre d'affaires et 250 000 emplois directs et indirects. Malgré ses bonnes performances observées, la Côte d'Ivoire, à l'image de nombreux pays en voie de développement, a toujours été confrontée à un problème de production de viande en raison du déficit alimentaire, surtout pour ce qui concerne les protéines d'origine animale. Pour assurer la couverture de ses besoins alimentaires, il lui est apparu nécessaire de mettre en place des systèmes d'approvisionnement en protéines animales. Les mesures prises, à cet effet, pour compenser ce déficit étaient basées sur les importations de viandes et d'animaux vivants (Ogungbenro *et al.*, 2013), estimées à 147 236 tonnes (FAOSTAT, 2018). Ce phénomène risque de s'amplifier au cours des prochaines décennies avec l'accroissement de la population. Ce qui pourrait poser des problèmes de dépendance de l'extérieur, de sorties importantes des devises, de non-maîtrise de la qualité des viandes importées et de non-compétitivité des produits locaux face aux viandes congelées importées (Houndonougbo *et al.*, 2012). En outre, l'une des contraintes majeures de ce secteur est l'alimentation des volailles qui représente 60 à 80% du coût de la production et qui dépend actuellement des importations de matières premières particulièrement les céréales. Parmi ces céréales, le maïs en tant que principale source d'énergie dans l'aliment pour volailles représente plus de 50% de l'incorporation. Il est également utilisé dans l'alimentation humaine et du bétail, et de plus en plus dans la production de biocarburant. La conséquence en est une augmentation du prix d'achat du maïs qui se répercute sur le prix de l'aliment qui ne cesse

d'augmenter. En plus des céréales, les tourteaux de soja, ainsi que les farines de poissons et de viandes couramment utilisées comme sources protéiques dans les rations sont d'un prix élevé et obligent les fabricants d'aliments (aviculteurs) à recourir à l'importation de ces matières premières. Ainsi, de nouvelles stratégies doivent être développées au niveau des aliments de volaille en tenant compte des nouvelles contraintes. Autrement dit, il est impératif de trouver des substituts à ces aliments pour volaille. Selon la source protéique ou énergétique, l'utilisation des sous-produits agricoles dans l'alimentation des animaux d'élevage pourrait réduire les compétitions entre les humains et les animaux, les coûts de production, puis améliorer la productivité et la rentabilité des exploitations (Nguyen *et al.*, 2012). Pourtant, le caractère agronomique de la Côte d'Ivoire offre une diversité de produits agricoles qui sont transformés, produisant ainsi un éventail varié de sous-produits qui pourraient être utilisés comme ingrédients dans la formulation d'aliments en aviculture. Cependant, les données informatives sur les sous-produits notamment sur leur nature, leur qualité, leur quantité et leur disponibilité sont fragmentaires, voire inexistantes (FAO, 2014). De plus, leur accessibilité varie selon les localités. Ainsi, dans le Nord de la Côte d'Ivoire, l'on observe des saisons de production de quelques produits agricoles tels que l'anacarde, le coton, le karité et la mangue. L'alternance de ces saisons permet d'obtenir un bon rendement pour chaque type de production. Le constat est que, les sous-produits agricoles tels que la pomme de cajou, le tourteau de coton, l'amande de karité, ainsi que les épiluchures et les amandes de mangue sont considérés comme des débris abandonnés dans la nature, et donc non-valorisés. Ceux-ci ont tendance à s'accumuler ; pourtant, ils pourraient être valorisés dans l'alimentation animale (Jayathilakan *et al.*, 2012) et pourraient aider entre autres à réduire les pertes post-récolte élevées des produits agricoles dont ils dérivent. En outre, ces "résidus" agricoles renferment des

substances complexes qui peuvent fournir des nutriments nécessaires dans l'alimentation animale. En effet, les études menées par Kpodekon *et al.* (2010) ont montré que les tourteaux de coton incorporés dans l'aliment des lapereaux engendrent de bonne performance de croissance. Aussi, Kiendrebeogo *et al.* (2013) ont trouvé que les déchets de mangues, utilisés en substitution au maïs dans l'alimentation des porcs, représentent une bonne source énergétique favorisant une meilleure prise de poids. La pomme de cajou séchée a été prouvée par Aboh *et al.* (2011) comme étant une bonne

ressource alimentaire pour les canetons de barbarie. Ndiaye *et al.* (2020) ont montré que l'incorporation de la pulpe de pomme de cajou dans l'aliment du poulet de chair permettait d'obtenir des performances zootechniques plus proches de celles de l'aliment industriel. C'est dans ce contexte que s'inscrit cette étude qui vise à analyser la composition biochimique des sous-produits issus de la transformation de la mangue (*Magnifera indica*), de l'anacarde (*Anacardium occidentale*), du coton (*Gossypium hirsutum*) et du karité (*Butyrospermum parkii*) en vue d'une valorisation dans l'alimentation de la volaille.

3 MATERIEL ET METHODES

3.1 Matériel végétal : Il est constitué de sous-produits agricoles que sont la pomme de cajou, des épluchures de mangue, de l'amande de mangue, des tourteaux de coton et des tourteaux de karité.

3.2 Collecte et traitement des sous-produits agricoles : Les sous-produits agricoles utilisés dans ce travail ont été collectés dans diverses zones du Nord de la Côte d'Ivoire et traités différemment (Figure 1).

- Les pommes de cajou mures ont été collectées dans le Département de Tanda, puis découpées à l'aide d'un couteau inoxydable. Après séchage au soleil pendant 14 jours entre 30-35°C sur des claies constituées de fibres de palmier, elles sont conservées dans des sacs en toile de jute dans un magasin bien aéré à la température ambiante (Figure 1A).

- Les épluchures et noyaux de mangue ont été récupérés à l'usine de transformation de mangue COBEKO de Korhogo. Les épluchures de mangue ont été lavées et déulpées au couteau inoxydable, puis séchées au soleil pendant 5 jours entre 30-35°C (Figure 1B). Quant aux noyaux de mangue, ils ont été

débarrassés de la pulpe restante par malaxage et/ou à l'aide d'un couteau. Ensuite par concassage, les amandes ont été extraites à la main à l'aide d'un couteau inoxydable, découpées en petits morceaux, puis trempées dans de l'eau pendant 24 h. L'ensemble est mis à bouillir à 100°C pendant 30 min, avant d'être séché au soleil sur 3 jours entre 30-35°C (Figure 1C). Epluchures et amandes séchées ont été conservées séparément dans des sacs en plastique dans un magasin bien aéré à la température ambiante.

- Les tourteaux de karité ont été récupérés chez les productrices artisanales de karité dans le Département de Bouna, puis séchés au soleil entre 30-35°C pendant 7 jours et conservés dans des sacs en plastique tissé (Figure 1D).

- Les tourteaux de coton utilisés proviennent de la société COTRAF SA située à Korhogo. Ils ont été achetés sous forme de granulés dans des sacs plastiques de 50 kg (Figure 1E). Les sacs ont été conservés également dans le même magasin que les précédents sous-produits.



Figure 1 : Sous-produits agricoles : (A) Pomme de cajou séchée ; (B) Peau de mangue séchée ; (C) Amande de mangues séchées ; (D) Tourteaux de karité séché ; (E) Tourteaux de coton.

3.3. Détermination de la composition chimique des sous-produits agricoles :

Les teneurs en matière sèche, en cendres, en protéines, en lipides et en fibres des échantillons ont été déterminées selon la méthode AOAC (2000). La détermination de la matière sèche a consisté à évaporer l'eau contenue dans les échantillons par séchage dans une étuve ventilée à 105 °C jusqu'à masse constante. Les cendres ont été obtenues après incinération de 5 g d'échantillon au four à moufle à 500°C. Les matières protéiques brutes des échantillons ont été déterminées par la méthode de KJELDAHL. Quant aux lipides totaux des échantillons, ils ont été déterminés selon la méthode au SOXHLET

utilisant l'hexane comme solvant. La cellulose brute a été obtenue après deux hydrolyses successives (acide et basique), puis déterminée après séchage à l'étuve à 105°C selon la méthode de WEENDE (Lemal, 1989). La teneur en glucides totaux ont été calculés par la méthode de différence, en déduisant les valeurs moyennes des autres paramètres que sont l'humidité, les protéines, les lipides et les cendres. L'ensemble des paramètres déterminés a été exprimé en pourcentage en fonction de la matière sèche.

3.4. Détermination de la valeur énergétique : La valeur énergétique des sous-produits est calculée en utilisant les coefficients d'Atwater et Benedict (1902), comme suit :

$$\text{Valeur énergétique (kcal)} = (4 \times \% \text{Protéines}) + (4 \times \% \text{Glucides}) + (9 \times \% \text{Lipides})$$

3.5 Détermination de l'énergie métabolisable : Connaissant la teneur en différents nutriments, l'énergie métabolisable

(EM) de chaque échantillon a été calculée selon la formule de Sibbald et Kramer (1980), comme suit :

$$\text{EM (Kcal/kg)} = 3951 + (54,4 \times \% \text{Lipides}) - (88,7 \times \% \text{Cellulose brute}) - (40,8 \times \% \text{Cendres})$$

3.6 Détermination de la composition en éléments minéraux : La teneur en calcium, magnésium et sodium a été déterminée en utilisant un Spectrophotomètre d'absorption atomique selon la méthode AOAC (2000).

Quant au phosphore, sa quantification a été faite au spectrophotomètre selon la méthode BIPEA (1976) utilisant le réactif au molybdate-vanadate.

3.7 Détermination de la teneur en tanins : Le dosage des tanins a été effectué suivant la méthode décrite par Brainbridge *et al.* (1996). A un (1) mL de chaque extrait méthanolique

d'échantillons ont été ajoutés 5 mL de réactif à la vanilline, dans un tube à essai. Le mélange a été laissé au repos pendant 30 min à l'obscurité et la densité optique (DO) a été lue à 500 nm au spectrophotomètre (UV/VIS Spectrophotometer) contre un blanc. Enfin, une courbe d'étalonnage a été réalisée à l'aide d'une gamme étalon à partir d'une solution mère d'acide tannique (2 mg/mL) pour déterminer la quantité de tanins.

3.8 Détermination de la teneur en oxalates : Les oxalates ont été déterminés dans

les échantillons selon la méthode de titration de Day et Underwood (1986). Deux (2) g d'échantillon ont été homogénéisés dans 75 mL de H₂SO₄ (3M). Le mélange obtenu a été mis sous agitation magnétique pendant 1 h à la température ambiante (28°C). Le tout a été filtré sur du papier filtre Whatman n°4, puis 25 mL de filtrat ont été titrés à chaud par une solution de KMnO₄ (0,05M) jusqu'au virage au rose persistant.

3.9 Détermination de la teneur en phytates : La méthode colorimétrique de Lattan et Eskin (1980) utilisant le réactif de Wade, a été retenue pour déterminer la teneur en phytates des échantillons. Un (1) g d'échantillon a été homogénéisé dans 20 mL de HCl (0,65N). Le mélange obtenu a été mis sous agitation pendant 12 h à température ambiante (28°C). Le tout a

été centrifugé à 12000 tours/min pendant 40 min. Un volume de 0,5 mL de chaque surnageant a été prélevé dans des tubes à essais, puis 3 mL de réactif de Wade ont été ajoutés dans chaque tube. Le mélange est laissé au repos pendant 15 min et la densité optique (DO) est lue au spectrophotomètre à 490 nm contre un témoin. La quantité de phytates est déterminée à l'aide d'une droite d'étalonnage établie à partir d'une solution mère de phytate de sodium (10 µg/mL).

3.10 Analyse statistique des données : Les différentes données obtenues ont été enregistrées et traitées dans le tableur Microsoft Excel. Elles ont été ensuite soumises au test d'analyse de variance (ANOVA) à un seul facteur au seuil de 5% à l'aide du logiciel XLSTAT version 2016.

4. RESULTATS ET DISCUSSION

4.1 Composition chimique, valeur énergétique et énergie métabolique des sous-produits agricoles: L'analyse des paramètres chimiques montre qu'il existe une différence significative au seuil de 5% d'un sous-produit à un autre (Tableau 1). La teneur en matière sèche des sous-produits agricoles étudiés varie de 87,82±0,04 à 90,77±0,08%. Bien que ces teneurs ne soient pas significativement différentes au seuil de 5%, les valeurs les plus élevées ont été obtenues dans le tourteau de coton et l'amande de mangue (Tableau 1). Les teneurs en matière sèche des tourteaux de coton (90,29±1,02%) et de karité (87,82±0,04%) analysés sont inférieures à celles trouvées par Pousga *et al.* (2007) dans les tourteaux de coton et de karité du Burkina qui sont respectivement de 94,8 et 95,6%. Quant à la pomme de cajou analysée (89,51±1,70%), elle a une teneur en matière sèche semblable à celle trouvée par (Touré *et al.*, 2020) qui est de 90,4% ; elle est par contre inférieure à celle déterminée par Ogunjobi et Ogunwole (2010) dans la farine de pomme de cajou séché à 65°C du Nigéria qui est de 92,95%. Les teneurs en matière sèche de la peau (89,20%) et de l'amande de mangue (90,77%) de notre étude sont aussi supérieures à celles révélées par Kiendrebeogo *et al.* (2013) au

niveau de la peau de mangue du Burkina Faso (78,68%), puis par Diarra (2014) pour l'amande de mangue du Nigeria (89%). Ces fortes teneurs en matière sèche sont synonymes d'une teneur élevée en principes nutritifs tels que les glucides, les protéines, les lipides et les sels minéraux. Les teneurs en cendres varient de 1,53±0,19 à 6,35±0,11% ; le tourteau de coton étant le sous-produit le plus riche en matières minérales, suivi du tourteau de karité. En effet, les cendres représentent l'ensemble des minéraux contenus dans un échantillon. Les teneurs en cendres des tourteaux de karité et de coton de cette étude (5,60-6,35%) sont plus faibles que celles trouvées par Pousga *et al.* (2007) pour les mêmes tourteaux produits au Burkina Faso (6,1-8,4%). Ainsi, les tourteaux du Burkina Faso seraient donc plus riches en matières minérales que ceux de la Côte d'Ivoire. La teneur en cendres des tourteaux de coton (6,35±0,11%) est proche de celle trouvée par Inoussa *et al.* (2020) qui est de 7,08%. Les teneurs en cendres de la pomme de cajou (3,82±0,15%) et de l'amande de mangue (1,53±0,19%) sont plus faibles que celles déterminées par Touré *et al.* (2020) qui sont respectivement de 5,67 et 1,87%. Par contre, la teneur en cendres déterminée par Sempore *et al.* (2022) sur 14 accessions d'amandes de noix de

cajou du Burkina Faso était en moyenne de $2,74 \pm 0,39\%$. Quant aux teneurs en cendres du tourteau de coton et de la peau de mangue, elles sont supérieures aux valeurs trouvées par Touré *et al.* (2020) qui sont respectivement de 4,02 et 3,11%. Notons que les teneurs en cendres de l'ensemble des sous-produits sont supérieures à celles du maïs qui est de 1,2% (Inoussa *et al.*, 2020). Ces sous-produits pourraient constituer une bonne source de matières minérales indispensables au bon fonctionnement de l'organisme et à la croissance des animaux en particulier de la volaille. Au niveau des protéines brutes, les sous-produits analysés à savoir les tourteaux de coton, les tourteaux de karité et la pomme de cajou, sont relativement les plus riches avec des taux respectifs de $35,01 \pm 0,16\%$, $14,84 \pm 0,27\%$ et $12,60 \pm 0,09\%$. Cependant, ces valeurs ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%. La teneur en protéines des tourteaux de coton ($35,01 \pm 0,16\%$) est la plus élevée. Cependant celle-ci est inférieure à la valeur trouvée par certains auteurs qui se situe entre 36 et 43% (Meffeja *et al.*, 2007). Par contre, la teneur en protéines de 14,84% obtenue avec les tourteaux de karité de cette étude est supérieure à celle déterminée par Pousga *et al.* (2007) qui est de 6,7% pour les tourteaux de karité produits au Burkina Faso. Cette variation de teneurs en protéines des tourteaux serait liée à la variété, au type de graines utilisées (décortiquées ou non) et à la méthode d'extraction de l'huile. Notons également que les teneurs en protéines de ces tourteaux (coton et karité) sont inférieures à celle du tourteau de soja qui est de 45% (Regis *et al.*, 2016). Toutefois, ces tourteaux pourraient substituer partiellement le tourteau de soja couramment utilisé dans la formulation des aliments du poulet de chair dont les besoins en protéines se situe entre 18,2 et 23,0% selon la période d'élevage (Mahamat, 2013). Parmi les sous-produits analysés, la peau et l'amande de mangue ont donné les teneurs en protéines les plus faibles de l'ordre de $3,94 \pm 0,001$ à $6,13 \pm 0,028\%$. Cependant, ces valeurs s'inscrivent dans la marge des teneurs en protéines (3 et 10%) des amandes de mangues de divers pays (Dakare *et al.*, 2012 ; Kittiphoom,

2012 ; Kiendrebeogo *et al.*, 2013 ; Diarra, 2014 ; Choudhary *et al.*, 2023), mais elles restent plus faibles que celles trouvées par Touré *et al.* (2020) qui sont de 18,45 et 19,17% respectivement pour la peau et l'amande de mangue de Côte d'Ivoire. D'autre part, la teneur en protéines de la pomme de cajou ($12,60 \pm 0,09\%$) de cette étude est semblable à celle ($12,75\%$) obtenue par Ogunjobi et Ogunwole (2010) dans la farine de pomme de cajou du Nigéria qui a été séchée à l'étuve à 65°C . Cette valeur est supérieure à celle trouvée par Aboh *et al.* (2011) qui est de 9,56% dans la pomme de cajou du Bénin, séchée également à 30°C . Selon Nguyen *et al.* (2012), cette différence pourrait être liée à la variété des espèces et au temps de murissement. La pomme de cajou avec une teneur de 12,60% pourrait être utilisée dans la ration alimentaire de poulets de chair en substitution au maïs dont la teneur en protéines brutes est estimée à 9-10% (Ogunjobi et Ogunwole, 2010 ; Inoussa *et al.*, 2020). Les tourteaux de karité ($22,81 \pm 0,09\%$) et de coton ($10,53 \pm 0,23\%$) possèdent les teneurs en lipides les plus élevées, parmi les sous-produits testés. Cela s'explique par le fait qu'ils proviennent de graines riches en lipides. La teneur en lipides des tourteaux de karité est largement supérieure à celle des tourteaux de soja (9,06%) et de tournesol (8,21%) (Borredon *et al.*, 2011). Les teneurs en lipides de l'amande ($9,15 \pm 0,07\%$) et de la peau ($1,36 \pm 0,13\%$) de mangue de cette étude sont supérieures à celles trouvées par Diarra (2014) et Kiendrebeogo *et al.* (2013), respectivement pour l'amande de mangue (7,87-14,80%) et pour la peau de mangue (0,37%). Par contre, Touré *et al.* (2020) ont obtenu une teneur en lipides plus élevée dans la peau de mangue (5,05%), mais proche de celle de la pomme de cajou (4,10%). Globalement, les sous-produits ayant fait l'objet de l'étude se présentent comme des sources non négligeables de lipides indispensables pour relever la valeur énergétique d'un aliment. Concernant les glucides totaux, les tourteaux de karité et de coton représentent les sous-produits ayant les plus faibles teneurs, avec respectivement $37,27 \pm 0,08$ et $38,41 \pm 0,58\%$. En revanche, la pomme de cajou, l'amande de mangue et la peau de mangue possèdent les taux

de glucides les plus élevés, avec respectivement $69,33 \pm 1,79\%$, $73,96 \pm 1,59\%$ et $79,56 \pm 0,32\%$. Ces teneurs sont supérieures à celles déterminées par Touré *et al.* (2020) pour les mêmes sous-produits ($60,59\%$ pour la pomme de cajou, $63,34\%$ pour l'amande de mangue et $62,86\%$ pour la peau de mangue). De plus, elles sont plus élevées que la teneur en glucides du maïs blanc du Burkina Faso estimée à $66,57\%$, mais comparables à celle de la variété jaune du maïs qui est de $73,8\%$ (Inoussa *et al.*, 2020). Les teneurs élevées en glucides seraient liées aux parois cellulosiques des différents sous-produits, au niveau desquelles les fibres et l'amidon se retrouvent en abondance. Ces sous-produits pourraient donc être utilisés en substitution au maïs dans l'alimentation du poulet de chair. En outre, en association avec les lipides et les protéines, ces sous-produits apporteraient un complément énergétique de $346,24$ à $413,73$ kcal/100g non négligeable en alimentation de poulets de chairs. En effet, ces valeurs énergétiques sont nettement supérieures aux 280 kcal/100g recommandés par INRA (2015) pour le choix des matières premières dans l'alimentation des volailles. Les sous-produits analysés ont des teneurs en fibres brutes qui se situent entre $4,95 \pm 0,02$ et $5,32 \pm 0,01\%$, à l'exception du tourteau de karité qui présente une valeur élevée de l'ordre de $13,94 \pm 0,1\%$. Malgré les faibles teneurs en fibres obtenues avec les mangues analysées, ces valeurs restent supérieures à celles trouvées par certains auteurs qui sont comprises entre $1,11$ - $2,90\%$ (Dakare *et al.*, 2012 ; Kittiphoom, 2012 ; Diarra, 2014). Quant à la pomme de cajou, sa teneur en fibres ($5,29\%$) est au-dessus de celle ($4,08\%$) trouvée par Ogunjobi et Ogunwole (2010) dans la farine de pomme de cajou séché à 65°C du Nigéria. Toutes ces variations pourraient s'expliquer par la nature des espèces et par la différence des traitements appliqués. Les fibres alimentaires sont les résidus de glucides non digérables et indispensables au bon fonctionnement du transit

intestinal (Ponka *et al.*, 2016). Leur présence en faible quantité pourrait être bénéfique pour le poulet de chair. Ainsi, la richesse en fibres du tourteau de karité pourrait limiter son utilisation en alimentation de volaille. Les teneurs en cellulose varient de $10,60 \pm 0,23$ à $30,75 \pm 0,25\%$, et c'est le tourteau de karité qui contient la plus forte teneur en cellulose, suivi de la pomme de cajou qui en contient $21,00 \pm 0,41\%$. La teneur en cellulose obtenue dans le tourteau de karité ($30,75\%$) est supérieure à celle déterminée par Montcho *et al.* (2016) qui est de $11,17\%$. Par contre, dans la pomme de cajou de cette étude (21%), cette teneur est semblable à celle de $20,07\%$ rapportée par Diedhiou *et al.* (2016) dans la valorisation de la pulpe d'anacarde séchée au Sénégal. Du fait de son taux exagéré en glucides indigestibles, le karité constitue un élément de déséquilibre alimentaire. Quant à l'énergie métabolisable (EM) des sous-produits, elle varie de $2136,99 \pm 52,22$ (pomme de cajou) à $3446,14 \pm 29,88$ kcal/kg (amande de mangue). L'énergie métabolisable la plus élevée trouvée dans l'amande de mangue de cette étude est encore plus faible que celles déterminées par Kiendrebeogo *et al.* (2013) et par Admasu *et al.* (2020), qui sont respectivement de 3802 et $3681,22$ kcal/kg pour le même sous-produit. Par contre, elle est comparable à celle de certaines variétés de maïs provenant du Nigéria dont la valeur d'énergie métabolisable est comprise entre 3330 et 3514 kcal/kg (Diarra, 2014). Au contraire, dans les travaux de Admasu *et al.* (2020) et Sassa *et al.* (2021), l'énergie métabolisable des variétés de maïs utilisées dans les rations alimentaires des poulets de chair était plus élevée, avec respectivement $3696,02$ et 3840 kcal/kg. Malgré les valeurs relativement faibles de l'énergie métabolisable des sous-produits de notre étude, ceux-ci pourraient être utilisés en substitution partielle au maïs dans l'alimentation du poulet de chair, pour couvrir les besoins escomptés compris entre 2700 et 2900 kcal/kg selon la période d'élevage (Huart, 2004).

Tableau 1 : Composition chimique, valeur énergétique et énergie métabolique des sous-produits agricoles utilisés

Sous - produits	Matière sèche(%)	Cendres (%)	Glucides (%)	Protéines brutes(%)	Lipides (%)	Fibres Brutes (%)	Cellulose Brute (%)	VE (kcal/100g)	EM (kcal/kg)
-----------------	------------------	-------------	--------------	---------------------	-------------	-------------------	---------------------	----------------	--------------

Tourteau de coton	90,29 ±1,02a	6,35 ±0,11d	38,41 ±0,58d	35,00 ±0,16a	10,53 ±0,23d	5,32 ±0,01a	15,17 ±0,29b	388,41 ±4,94d	2919,33 ±22,31d
Tourteau de karité	87,82 ±0,04b	5,60 ±0,40d	37,27 ±0,08d	14,84 ±0,27d	22,81 ±0,09e	13,94 ±0,1c	30,75 ±0,25d	413,73 ±1,38c	2235,86 ±5,44a
Pomme de cajou	89,51 ±1,70a	3,82 ±0,15a	69,33 ±1,79a	12,60 ±0,09e	3,76 ±0,24a	5,29 ±0,01a	21,00 ±0,41a	361,56 ±5,36a	2136,99 ±52,22a
Amande de mangue	90,77 ±0,08a	1,53 ±0,19c	73,96 ±1,59c	6,13 ±0,028c	9,15 ±0,07c	5,22 ±0,13a	15,35 ±0,08b	402,71 ±6,84c	3446,14 ±29,88c
Peau de mangue	89,20 ±0,43a	4,34 ±0,01b	79,56 ±0,32b	3,94 ±0,001b	1,36 ±0,13b	4,95 ±0,02b	10,60 ±0,23c	346,24 ±3,22b	2486,70 ±6,87b

VE : Valeur énergétique ; EM : Energie métabolisable. Les moyennes portant en exposant des lettres différentes sont significativement différentes au seuil de 5% selon le test de Duncan.

4.2. Teneur en minéraux des sous-produits agricoles : L'analyse de la composition minérale a montré une différence significative au seuil de 5% entre les sous-produits testés (Tableau 2). Ces derniers sont plus riches en calcium ($0,081 \pm 0,010$ à $0,154 \pm 0,003$ g/100g) et en magnésium ($0,026 \pm 0,001$ à $0,067 \pm 0,001$ g/100g). Par contre, ils contiennent de faibles teneurs en phosphore ($0,012 \pm 0,001$ à $0,030 \pm 0,001$ g/100g) et en sodium ($0,001 \pm 0,001$ à $0,030 \pm 0,001$ g/100g). Le tourteau de karité présente la teneur la plus élevée en calcium ($0,154 \pm 0,003$ g/100g), suivi de la peau de mangue ($0,141 \pm 0,06$ g/100g). Quant au magnésium, sa plus forte teneur a été trouvée dans le tourteau de karité ($0,067 \pm 0,001$ g/100g), suivi de l'amande de mangue ($0,059 \pm 0,01$ g/100g). La pomme de cajou est le sous-produit le plus riche en phosphore et en sodium, avec une teneur de $0,030 \pm 0,001$

g/100g. Les travaux de Pousga *et al.* (2007) montrent que les tourteaux de karité et de coton du Burkina Faso sont globalement plus riches en minéraux que ceux de notre étude. Excepté le calcium, la plupart des minéraux analysés dans notre étude ont des teneurs plus faibles que celles rencontrées dans la littérature, et quel que soit le sous-produit (Aboh *et al.*, 2011 ; Kiendrebeogo *et al.*, 2013). Toutefois, les sous-produits de la présente étude pourraient contribuer à couvrir les besoins du poulet de chair qui sont estimés entre 0,87 et 1,06% pour le calcium et entre 0,60 à 0,69 % pour le phosphore total en fonction du niveau énergétique de la ration (kcal d'EM/kg) chez le poulet de chair (Mahamat, 2013). En effet, un bon équilibre calcium/phosphore permet de garantir la qualité du squelette et/ou de la coquille des œufs.

Tableau 2 : Teneurs en minéraux des sous-produits agricoles

Sous-produits	Minéraux (g/100g)			
	Calcium	Phosphore	Magnésium	Sodium
Tourteau de coton	$0,128 \pm 0,001^{ac}$	$0,026 \pm 0,001^a$	$0,026 \pm 0,001^c$	$0,003 \pm 0,010^d$
Tourteau de karité	$0,154 \pm 0,003^{ab}$	$0,024 \pm 0,001^c$	$0,067 \pm 0,001^b$	$0,010 \pm 0,001^c$
Pomme de cajou	$0,081 \pm 0,010^b$	$0,030 \pm 0,001^a$	$0,048 \pm 0,001^a$	$0,030 \pm 0,001^a$
Amande de mangue	$0,102 \pm 0,001^{ab}$	$0,012 \pm 0,001^b$	$0,059 \pm 0,010^b$	$0,001 \pm 0,001^c$
Peau de mangue	$0,141 \pm 0,060^a$	$0,012 \pm 0,002^b$	$0,050 \pm 0,010^a$	$0,002 \pm 0,001^b$

Les moyennes situées dans la même colonne et portant les lettres différentes en exposant sont significativement différentes au seuil de 5%.

4.3. Teneur en facteurs antinutritionnels des sous-produits agricoles : Les teneurs en facteurs antinutritionnels varient d'un sous-produit à un autres et sont significativement différents à 95% (Tableau 3). Les tanins représentent les plus fortes proportions et leurs

teneurs maximales (239 mg/100g) se sont retrouvées dans les résidus de mangue (peau et amande), pour lesquels l'on n'observe aucune différence significative au seuil de 5%. Les analyses statistiques ont montré que les autres sous-produits ont des teneurs intermédiaires en

tanins de l'ordre de $98,03 \pm 0,3$ mg/100g pour le tourteau de karité, de $67,76 \pm 0,75$ mg/100g pour le tourteau de coton et de $84,58 \pm 0,68$ mg/100g pour la pomme de cajou. La teneur en tanins de l'amande de mangue de cette étude se situe dans l'intervalle obtenu par Dakare *et al.* (2012) qui se situe entre 104 et 409 mg/100g. Selon ces auteurs, les tanins sont fortement concentrés dans les différentes parties de la plante et ils représentent les principaux facteurs antinutritionnels du noyau de la mangue. Toutefois, les différents sous-produits de la présente étude pourraient être aisément utilisés en alimentation de volaille, car à des concentrations inférieures à 260 mg/100g, ces composés antinutritionnels n'influencent plus significativement la digestibilité de l'énergie et des protéines chez les volailles (McNab et Boorman, 2002). En outre, Diarra (2014) a observé que les oiseaux adultes tolèrent plus de tanins que les jeunes poussins. Quant aux

teneurs en phytates et en oxalates des sous-produits, elles varient respectivement de $63,73 \pm 0,42$ à $104,93 \pm 1,01$ mg/100g et de $36,43 \pm 6,30$ à $136,88 \pm 0,001$ mg/100g. L'amande de mangue a présenté la teneur la plus faible en phytates ($63,73 \pm 0,42$ mg/100g), tandis que la plus faible teneur en oxalates ($36,43 \pm 6,30$ mg/100g) a été enregistrée dans le tourteau de karité. Cette faible teneur en oxalates des tourteaux de karité pourrait s'expliquer par les traitements appliqués lors de la préparation du karité. Des tests menés en aviculture ont montré que, sur le plan physique, l'extrusion et le chauffage sont les procédés les plus efficaces pour réduire la teneur des facteurs antinutritionnels (Henry *et al.*, 2001). Les oxalates, les phytates, les saponines, les alcaloïdes et les flavonoïdes ont été également identifiés en quantités infimes dans l'amande de mangue par Dakare *et al.* (2012), mais elle ne représente pas un frein pour son utilisation en alimentation de volaille.

Tableau 3 : Facteurs antinutritionnels des sous-produits agricoles

Sous-produits	Tanins (mg/100g)	Phytates (mg/100g)	Oxalates (mg/100g)
Tourteau de coton	$67,76 \pm 0,75^c$	$104,93 \pm 1,01^c$	$47,59 \pm 1,03^c$
Tourteau de karité	$98,03 \pm 0,30^d$	$93,45 \pm 0,70^a$	$36,43 \pm 6,30^c$
Pomme de cajou	$84,58 \pm 0,68^a$	$92,96 \pm 0,69^a$	$98,21 \pm 10,22^a$
Amande de mangue	$239,64 \pm 1,60^b$	$63,73 \pm 0,42^b$	$47,52 \pm 6,33^c$
Peau de mangue	$239,88 \pm 2,90^b$	$93,90 \pm 0,45^a$	$136,88 \pm 0,001^b$

Les moyennes situées dans la même colonne et portant les lettres différentes en exposant sont significativement différentes au seuil 5%.

5 CONCLUSION

Il ressort de cette étude que la pomme de cajou, les épiluchures et amandes de mangues, les tourteaux de coton et les tourteaux de karité possèdent une valeur nutritive en protéines, en glucides, en cendre intéressantes. Ces sous-produits pourraient être utilisés comme ingrédients dans la formulation des aliments de volaille en substituant partiellement le maïs ou le soja afin de réduire leur utilisation. Il faudrait

cependant tenir compte des facteurs antinutritionnels de chaque ingrédient. En perspective, la fabrication des aliments pour volaille incorporant ces sous-produits sera réalisée et l'effet de ces aliments sera testé sur les paramètres de croissance des volailles. Les résultats permettront d'envisager une meilleure valorisation de ces sous-produits afin de réduire le coût de production avicole.

6 RÉFÉRENCES

Aboh AB, Dougnon JT, Atchade GST. et Tandjiekpon AM: 2011. Effet d'aliments à base de pomme cajou sur les

performances pondérale et la carcasse des canetons en croissance au

- Bénin. *International Journal of Biological and Chemical Sciences* 5(6): 2407-2414.
- Admasu S, Wondifraw Z. and Gash M: 2020. Effects of replacing maize with boiled mango (*Mangifera indica*) seed kernel on feed intake, body weight gain and feed conversion ratio of Cobb 500 Broiler Chicken. *Poultry, Fisheries and Wildlife Sciences* 8(1): 1-10.
- AOAC: 2000. Official methods of analysis. Association of Official Analytical Chemists, 17th edition, Gaithersburg, Maryland, USA. [SEP]
- Atwater WO. and Benedict FG: 1902. Experiments on the metabolism of matter and energy in the human body, 1898-1900. US Office of Experiment Stations, Bulletin no. 109, Government Printing Office, Washington DC.
- BIPEA: 1976. Bureau Interprofessionnel d'Etudes Analytiques. Recueil des méthodes d'analyse des communautés européennes. Greenville, France. 140 pp.
- Borredon ME, Berger M, Dauguet S, Labalette F, Merrien A, Mouloungui Z. et Raoul Y: 2011. Débouchés actuels et futurs du tournesol produit en France-Critères de qualité. *Innovations Agronomiques* 14: 19-38.
- Braingbridge Z, Tomlins K. and Westby A: 1996. Analysis of condensed tannins using acidified vanillin. *Journal of Science* 29: 77-79.
- Choudhary P, Devi TB, Tushir S, Kasana RC, Popatrao DS. and K.N: 2023. Mango seed kernel: A bountiful source of nutritional and bioactive compounds. *Food and Bioprocess Technology* 16(2): 289-312.
- Dakare MA, Danlade AA, Abel SA. and Sundaye EA: 2012. Effects of processing technique on nutritional and antinutritional contents of mango seed kernel. *World Journal of Young Researchers* 2(3): 55-59.
- Day RA. and Underwood AL: 1986. Quantitative analysis 5th Edition, Prentice Hall Publication. 701 pp.
- Diarra SS: 2014. Potential of mango (*Mangifera indica* L.) seed kernel as a feed ingredient for poultry: a review. *World's Poultry Science Journal* 70(2): 279-288.
- Diedhiou EHENY. et Dieme S: 2016. Valorisation de la pulpe d'anacarde séchée dans l'alimentation des poulets de chair dans la région de Ziguinchor. Mémoire de licence en Agroforesterie, Université Assane Seck de Ziguinchor, Sénégal. 43 pp.
- FAO: 2008. Revue du secteur avicole en Côte d'Ivoire. Division de la production et de la santé animales de la FAO. Centre d'urgence pour les maladies animales transfrontalières. Unité de Socio-économie, Production et Biodiversité. 52-56.
- FAO: 2014. Secteur avicole du Sénégal. Revues nationales de l'élevage de la division de la production et de la santé animales de la FAO, n° 7, Rome. 70 pp.
- FAOSTAT: 2018. Statistical of Food and Agriculture Organization. Data from the FAOSTAT Statistical data base. www.fao.org.
- Henry MH, Pesti GM, Bakalli R, Lee J, Toledo RT, Eitenmiller RR. and Phillips RD: 2001. The performance of Broiler chicks fed diets containing extruded cottonseed meal with lysine. *Poultry Science* 80: 762-768.
- Houndonougbo MF, Chrysostome CAAM, Babatoundé S, Lokossou HR. et Agbota B: 2012. Fourrages de *Moringa oleifera* et de *Gliricidia sepium* utilisés comme compléments alimentaires efficaces pour nourrir des veaux girolando au Bénin. *Annales des Sciences Agronomiques* 16(1): 35-49.
- Huart A: 2004. Alimentation : les besoins du poulet de chair. Eco-Congo-agriculture. 5 pp.
- Inoussa KY, Charles P, Marius KS, Bréhima D. et Mamoudou HD: 2020.

- Caractéristiques physicochimiques de quelques matières premières utilisées dans la formulation des aliments pour volaille au Burkina Faso. *Journal of Applied Biosciences* 151: 15598-15604.
- INRA: 2015. Alimentation des volailles en agriculture biologique. 68 pp. <https://www.bio-bretagne-ibb.fr/wp-content/uploads/Alimentation-Volailles-Bio-CahierTechnique-juin2015.pdf>
- Jayathilakan K, Sultana K, Radhakrishna K. and Bawa AS: 2012. Utilization of byproducts and waste materials from meat, poultry and fish processing industries: a review. *Journal of Food Science and Technology* 49: 278-293.
- Kiendrebeogo T, Mopate LY, Ido G, Kaboré Z. et Chantal Y: 2013. Procédés de production d'aliments non conventionnels pour porcs à base de déchets de mangues et détermination de leurs valeurs alimentaires au Burkina Faso. *Journal of Applied Biosciences* 67: 5261-5270.
- Kitiphoom S: 2012. Utilization of mango seed. *International Food Research Journal* 19(4): 1325-1335.
- Kpodekon TM, Youssao AKI, Koutinhouin GB, Djago Y. et Amida E: 2010. Influence de la teneur en tourteaux de coton de l'aliment d'engraissement sur les performances de croissance des lapins. *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin* 68: 12-19.
- Latta M. and Eskin M: 1980. A simple and rapid colorimetric method for phytate determination. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 28: 1313-1315.
- Lemal D: 1989. Recueil des méthodes et techniques utilisées pour l'expérimentation en alimentation. INDR - Thiès. 46 pp.
- Mahamat CA: 2013. Performances zootechnico-économiques et caractéristiques de carcasse des poulets de chair (Hubbard F15) nourris aux rations à base de feuilles de *Leucaena leucocephala* (LAM) au Sénégal. Mémoire de master en ingénierie de production animale. Université de Cheikh Anta Diop de Dakar. 44 pp.
- McNab JM. and Boorman KN: 2002. Poultry feedstuffs: supply, composition and nutritive value. Wallingford: CABI Publishing. 427 pp.
- Meffeja F, Dogmo T, Njifutie N. et Tchakounté J: 2007. Effects of replacement of cotton seed cake by palm kernel cake in the diet of growing finishing pigs. *Livestock Research for Rural Development* 19(2): article 18.
- Montcho M, Babatoundé S, Aboh BA, Bahini MJD, Chrysostome AAMC. et Mensah GA: 2016. Disponibilité, valeurs marchande et nutritionnelle des sous-produits agricoles et agroindustriels utilisés dans l'alimentation des ruminants au Bénin. *European Scientific Journal* 33: 422-441.
- Ndiaye S, Djighaly PI, Diedhiou OBA, Badiane PD. et Diatta I: 2020. Effets d'aliments à base de pulpe d'anacarde (*Anacardium occidentale* L.) séchée sur les performances des poulets de chair en phase de croissance en Casamance, Sénégal. *Revue Ivoirienne des Sciences et Technologies* 35: 193-213.
- Nguyen TTH, Bouvarel I, Ponchant P. and van der Werf HMG: 2012. Using environmental constraints to formulate low-impact poultry feeds. *Journal of Cleaner Production* 28: 215-224.
- Ogungbenro SD, Raji MO, Bamgbose AM, Oso AO. and Sogunle OM: 2013. Effect of replacement of cashew nut meal-maize offal with maize on the performance of Turkey poult. *International Journal of Agriculture and Biosciences* 2(4): 164-167.
- Ogunjobi MAK. and Ogunwole SO: 2010. Physicochemical and sensory properties of cassava flour biscuit supplemented with cashew apple powder. *Journal of Food Technology* 8: 24-29.

- Ponka R, Goudoum A, Tchungouelieu AC. et Fokou E: 2016. Evaluation nutritionnelle de quelques ingrédients entrant dans la formulation alimentaire des poules pondeuses et porcs d'une ferme d'élevage au Nord-Ouest Cameroun. *International Journal of Biology Chemical Sciences* 10(5): 2077-2078.
- Pousga S, Boly H, Lindberg JE. and Ogle B: 2007. Evaluation of traditional sorghum (*Sorghum bicolor*), beer residues, shea nut (*Vitellaria paradoxa*) cake and cotton seed (*Gossypium spp*) cake for poultry in Burkina Faso: availability and amino acid digestibility. *International Journal of Poultry Science* 6(9): 666-672.
- Régis J, Joffre F. et Frédéric FF: 2016. Impact de la trituration et du raffinage sur la teneur en micronutriments des huiles végétales de colza, soja et tournesol. *Oilseeds and fats, Crops and Lipids* 23(3): 1-5.
- Sassa AM, Mballa EJ. et Abdoulmoumini M: 2021. Effets comparés de la substitution partielle du tourteau de soja par la farine d'asticots séchés dans des rations alimentaires sur les performances zootechniques des poulets de chair à Ngaoundéré au Cameroun. *International Journal of Biological and Chemical Sciences* 15: 2543-2553.
- Sempore JN, Ouattara/Songré LT, Tarpaga VW. et Dicko MH: 2022. Caractérisation morphologique et potentialité nutritionnelle de quatorze accessions de noix de cajou (*Anacardium occidentale* L.) au Burkina Faso. *Revue Ivoirienne de Géographie des Savanes* 12: 68-80.
- Sibbald IR. and Kramer JK: 1980. The effect of the basal diet on the utilization of fat as a source of true metabolizable energy, lipid and fatty acids. *Poultry Science* 59(2): 316-324.
- Touré A, Zoro AF, Touré N, Sall F, Soro YR. et Coulibaly A: 2020. Phytochemical and nutritive properties of by-products flours from cashew (*Anacardium occidentale*) and mango (*Mangifera indica*) for ruminants feeding in Poro region (Northern Côte d'Ivoire). *EAS Journal of Nutrition and Food Sciences* 2(2): 44-48.