

Variabilités des caractères morphologiques et biochimiques des fruits de *Adansonia digitata* L., issus des zones agroclimatiques en Côte d'Ivoire

[Variability of morphological and biochemical characters of *Adansonia digitata* L. fruits from different agroclimatic zones in Côte d'Ivoire]

Kodjo Noelle Françoise¹, Silué Pagadjovongo Adama², and Zoro Amel Fabrice¹

¹Département de Biochimie-Génétique, UFR des Sciences Biologiques, Université Peleforo GON COULIBALY, BP 1328
Korhogo, Côte d'Ivoire

²Département de Biologie Végétale, UFR des Sciences Biologiques, Université Peleforo GON COULIBALY, BP 1328
Korhogo, Côte d'Ivoire

Copyright © 2022 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: *Adansonia digitata* L. (baobab) is a multipurpose species in Africa, found in several phytogeographic zones in Côte d'Ivoire. The objective of this study is to contribute to a better knowledge of the morphological and biochemical diversity of the species, according to its distribution area. The study focused on the characterization of morphological descriptors of the fruit and biochemical parameters of 100 baobab fruits from four agroclimatic zones distributed throughout its range. The results obtained revealed a significant difference between the agroclimatic zones for the majority of morphological and biochemical descriptors. At the morphological level, the Niakara zone recorded, in general, the highest average values for the following descriptors: volume ($4675.98 \pm 2160.51 \text{ cm}^3$); whole fruit mass ($776.80 \pm 286.25 \text{ g}$); pulp mass ($222.28 \pm 88.62 \text{ g}$) and seed mass ($185.00 \pm 80.12 \text{ g}$). The biochemical data indicated good overall levels for the parameters studied. The Niakara zone recorded high values for dry matter ($88.89 \pm 0.13\%$) and fiber ($9.98 \pm 0.06\%$). For total polyphenols, vitamin C and magnesium, the Tiébissou area recorded the highest average values. The high calcium content of the fruits ($454.80 \pm 3.42 \text{ mg}/100\text{g}$) is observed in Kouto. In the whole of the results obtained for the study, it is noted a true morphological and biochemical diversity which could be profitable for the consumers and the breeders.

KEYWORDS: *Adansonia digitata*, pulp, morphological descriptors, biochemical parameters, agroclimatic zone, Côte d'Ivoire.

RESUME: *Adansonia digitata* L. (baobab) est une espèce, à usages multiples en Afrique, que l'on retrouve dans plusieurs zones phytogéographiques en Côte d'Ivoire. L'objectif de cette étude est de contribuer à une meilleure connaissance de la diversité morphologique et biochimique de l'espèce, en fonction de son aire de répartition. L'étude a porté sur la caractérisation des descripteurs morphologiques du fruit et des paramètres biochimiques de 100 fruits de baobab issus de quatre zones agroclimatiques reparties sur l'ensemble de son aire de distribution. Les résultats obtenus ont révélé une différence significative entre les zones agroclimatiques pour la majorité des descripteurs morphologiques et biochimiques. Au niveau morphologique, la zone de Niakara enregistre, en général, les valeurs moyennes les plus élevées des descripteurs: volume ($4675,98 \pm 2160,51 \text{ cm}^3$); masses de fruit entier ($776,80 \pm 286,25 \text{ g}$); masse de la pulpe ($222,28 \pm 88,62 \text{ g}$) et masse des graines ($185,00 \pm 80,12 \text{ g}$). Pour les données biochimiques, elles ont indiqué dans l'ensemble de bonnes teneurs pour les paramètres étudiés. La zone de Niakara enregistre les valeurs élevées pour la matière sèche ($88,89 \pm 0,13\%$) et la fibre ($9,98 \pm 0,06\%$). Pour les polyphénols totaux, la vitamine C et le magnésium, la zone de Tiébissou enregistre les plus fortes valeurs moyennes. La forte teneur en calcium des fruits ($454,80 \pm 3,42 \text{ mg}/100\text{g}$) est observée à Kouto. Dans l'ensemble des résultats obtenus pour l'étude, il est noté une véritable diversité morphologique et biochimique qui pourrait être profitable aux consommateurs et aux sélectionneurs.

MOTS-CLEFS: *Adansonia digitata*, pulpe, descripteurs morphologiques, paramètres biochimiques, zone agroclimatique, Côte d'Ivoire.

1 INTRODUCTION

En Côte d'Ivoire, les espèces fruitières sauvages comestibles sont disséminées sur toute l'étendue du territoire où elles occupent une place de choix dans l'alimentation des populations locales sous forme de repas et de boissons [1], [2], [3]. En général, les plantes sauvages comestibles possèdent de nombreux avantages aux plans économique, alimentaire, social, thérapeutique, cosmétique et industriel [4]. C'est le cas de *Adansonia digitata* L., connu sous le nom de baobab ou pain de singe, qui pousse dans les zones sahélo-soudaniennes [5]. Essentiellement exploité à l'état sauvage, le baobab produit des fruits dont la pulpe et les graines sont traditionnellement consommées par les populations locales. La richesse de la pulpe du baobab en vitamines A et C, en protéines et calcium, a amené l'Union Européenne à autoriser son incorporation dans les boissons [6]. Ce qui offre une opportunité de marché interne comme externe aux populations rurales, donnant ainsi une valeur économique accrue à l'espèce. En termes d'exploitation, contrairement aux autres pays africains (Mali, Sénégal, Burkina etc.), où les populations font un usage multiple du baobab, il est peu valorisé en Côte d'Ivoire. En effet, dans les zones écologiques de l'espèce, qui se situent de la zone préforestière (V baoulé) jusqu'à la zone soudanienne, l'exploitation du baobab est réduite essentiellement aux parties consommables que sont la pulpe et les feuilles. En dépit de cette importance, l'espèce est négligée et menacée de disparition du fait de certains facteurs biophysiques qui entravent le développement de jeunes plants en milieu naturel [7]. En plus, bien que certains travaux de recherche se soient intéressés aux propriétés nutritives, microbiologiques et de l'incorporation de la pulpe dans la production de yaourt [8]; [3], [9], aucune étude scientifique n'a été réalisée sur la diversité morphologique et biochimique du fruit du baobab en fonction de son aire de répartition en Côte d'Ivoire. En effet, selon certains auteurs, le fruit et ses composantes seraient soumises à de très grandes variations liées aux conditions pédoclimatiques [10], [11]. De ce fait, le fruit de baobab et ses composantes peuvent présenter des variabilités morphologiques et biochimiques liées aux zones agroclimatiques. Ainsi, au-delà des avantages liés à sa résistance, les potentialités morphologiques mettant en exergue la qualité marchande du fruit et les composantes nutritives pour la nutrition et la technologie alimentaire devraient être évaluées.

L'objectif de cette étude est d'évaluer la diversité morphologique et biochimique du fruit du baobab en fonction de son aire de répartition en Côte d'Ivoire en vue de sa valorisation dans le domaine alimentaire.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 ZONES DE RÉCOLTE DES FRUITS

L'étude sur les caractéristiques morphologiques et biochimiques a été effectuée à partir des fruits de *A. digitata* de quatre provenances (Tiébissou, Niakara, Korhogo, Kouto) réparties en trois zones phytogéographiques: le secteur préforestier, le secteur subsoudanien et le secteur soudanien (Figure 1). Le secteur préforestier est caractérisé par un régime pluviométrique du type bimodal (mars-juin et septembre-octobre) avec des précipitations moyennes annuelles qui oscillent entre 1200 mm et 1600 mm. La température moyenne mensuelle varie entre 24,8°C et 28 °C. Par contre, dans le secteur subsoudanais qualifiée de secteur subsoudanais de transition, le régime pluviométrique est unimodal (mars-octobre), avec une pluviosité moyenne annuelle variant entre 1100 mm et 1200 mm et une température moyenne annuelle de 28°C. Le secteur soudanais a également un régime pluviométrique unimodal (avril-octobre). La pluviométrie moyenne annuelle dans cette zone est inférieure à 1200 mm. Les températures moyennes mensuelles oscillent entre 25°C et 31°C.

2.2 ECHANTILLONNAGE

Dans chaque zone agroclimatique, des arbres de *A. digitata* en cours de productions ont été ciblés. Un effectif de cinq (5) arbres sains et productifs a été sélectionné au hasard par ville. Au total 20 arbres ont été considérés dans l'étude. Sur chacun des arbres, 5 fruits matures ont été récoltés. Ainsi, 100 fruits ont été étudiés au total dont 25 fruits par ville. Après récolte des fruits, les analyses morphologiques et biochimiques ont été effectuées au laboratoire sur chaque fruit.

2.3 ANALYSE MORPHOLOGIQUES DU FRUIT ET DE SES COMPOSANTES

Pour chaque fruit échantillonné (Figure 2), la longueur du pédoncule a été directement mesurée avec un mètre ruban. La longueur et la largeur du fruit ont été déterminées à l'aide du pied à coulisse. Le rapport moyen (longueur du fruit / largeur du fruit) a été calculé pour définir la forme du fruit [12]. Le volume du fruit a été déterminé en l'assimilant à une forme ellipsoïdale selon [13]. Le fruit entier a été pesé à l'aide d'une balance électronique (Sartorius, Washington, USA) et concassé avec un objet métallique puis l'épaisseur de la capsule a été mesurée avec le pied à coulisse. Le nombre de graines du fruit a été dénombré et pesé après lavage à l'eau suivie du séchage à l'étuve (40 °C). Les masses des coques et graines du fruit ont été pesées puis la masse de la pulpe a été déterminée selon la formule suivante:

$$M (\text{pulpe}) = M (\text{fruit}) - [M (\text{coque}) + M (\text{graines})].$$

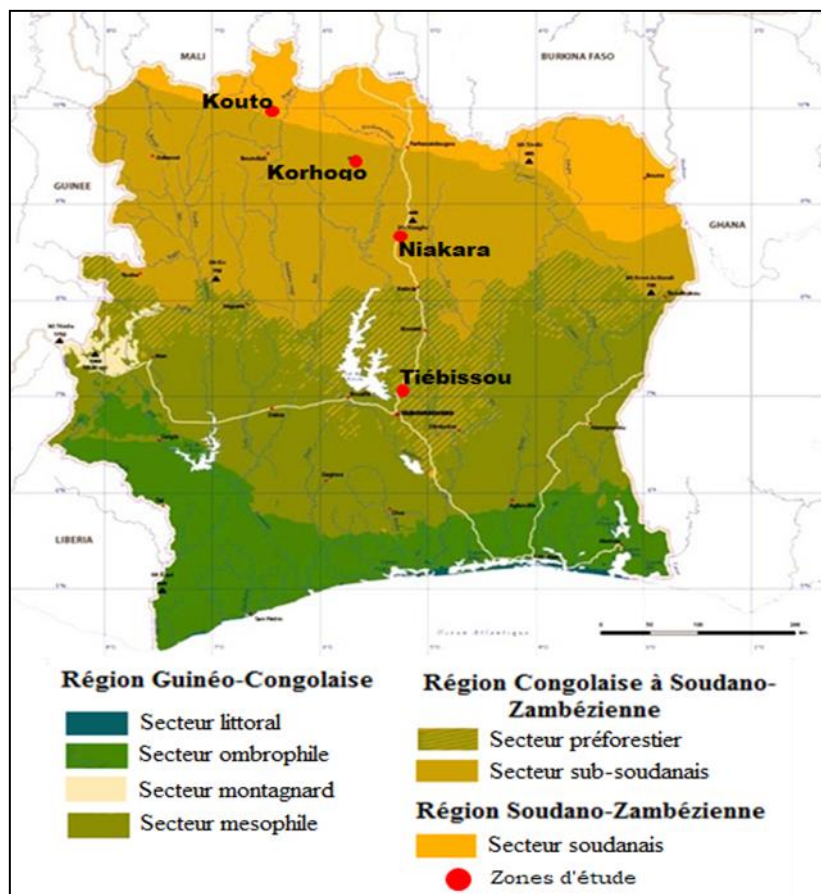


Fig. 1. Localisation des zones agroclimatiques de l'étude

2.4 ANALYSE BIOCHIMIQUES DE LA PULPE DU FRUIT DE BAOBAB

Les propriétés biochimiques de la pulpe telles que la matière sèche et les cendres ont été déterminées selon les méthodes officielles de [14]. La teneur en matière sèche a été déterminées par séchage à l'étuve (Memmert, France) à 105°C jusqu'à poids constant. La fraction de cendres a été déterminée par incinération dans un four à moufle (Pyrolabo, France) à 550°C pendant 12 heures. L'acidité titrable a été évaluée par dosage titrimétrie avec de la soude (NaOH 0,1 N) selon la norme [15]. Les sucres totaux ont été obtenus par la méthode de [16] après une extraction éthanosoluble suivant la méthode décrite par [17]. Pour la détermination des fibres brutes, elle a été faite par la méthode de [18]; La teneur en minéraux a été estimée en incinérant un échantillon de pulpe dans un four à moufle (Pyrolabo, France). Les cendres obtenues ont été dissoutes dans le mélange d'acide chlorhydrique et d'acide nitrique (HCl/HNO₃) et analysées à l'aide du spectrophotomètre d'absorption atomique (modèle AAS, SP9). La détermination des polyphénols totaux a été effectuée selon la méthode de [19].

La teneur en vitamine C a été déterminée par oxydoréduction par le dichloro-2, 6- phénolindophénol (2,6-DCPIP) après extraction à l'acide métaphosphorique/acide acétique 100/80 (v/v). Trois grammes de pulpe ont été homogénéisés dans 30 mL d'une solution d'acide métaphosphorique/acétique sous douce agitation pendant 30 min. Le mélange a été filtrés sur papier Whatman et 2 mL du filtrat ont été dosés par le 2,6 DCPIP jusqu'à l'apparition d'une coloration rose champagne persistante.

2.5 ANALYSES STATISTIQUES

Le logiciel IBM SPSS Statistics version 2.2 a été utilisé pour l'analyse statistique des données. Le test non paramétrique U de Mann-Whitney a été utilisé pour tester au seuil de signification $\alpha = 5\%$ les différences apparues entre les quatre villes (Kouto, Korhogo, Niakara et Tiébissou) suivant les valeurs moyennes des caractéristiques morphologiques et biochimiques des échantillons de baobab évalués.

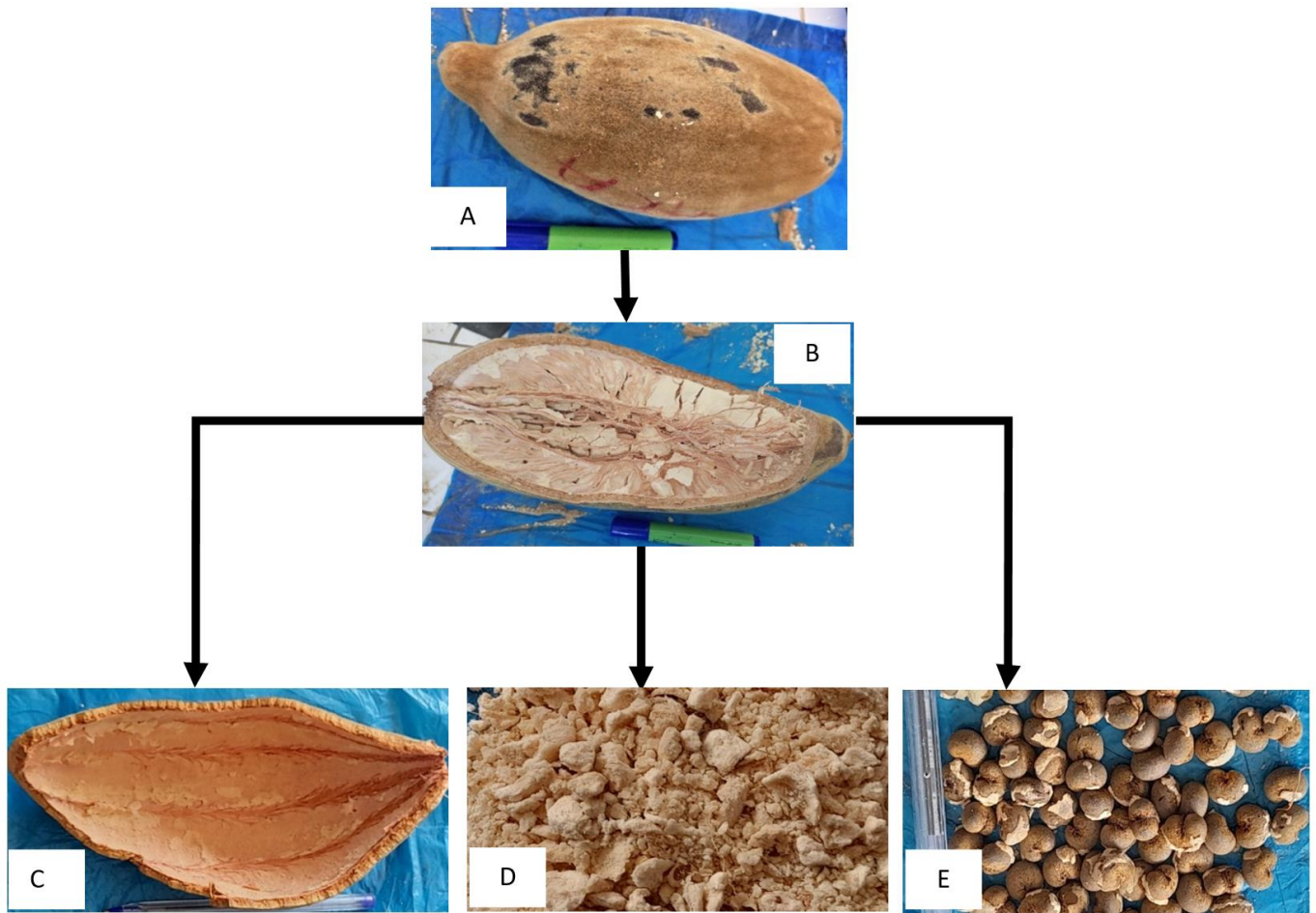


Fig. 2. Aperçu d'un fruit de *Adansonia digitata* et ses composantes. A: Fruit; B: coupe longitudinale du fruit; C: Coque (péricarpe); D: pulpe; E: graines

3 RÉSULTATS

3.1 VARIABILITÉ DES CARACTÈRES MORPHOLOGIQUES DES FRUITS

L'analyse statistique des données montre qu'il existe des différences significatives ($p\text{-value} < 0,05$) entre les zones agroclimatiques pour la majorité des caractères morphologiques (Tableau 1). Par contre il n'y a pas de différence significative au niveau de la longueur des fruits ($p = 0,184$) et le rapport longueur/Largeur ($p = 0,351$). Pour la longueur du pédoncule, les valeurs moyennes varient de $44,80 \pm 11,94$ cm à $24,20 \pm 5,89$ cm. Pour les moyennes du rapport Longueur/largeur du fruit les valeurs oscillent entre $2,68 \pm 0,17$ et $2,24 \pm 0,27$. Pour la longueur des fruits, les capsules les plus longues ($31,70 \pm 10,55$ cm) ont été collectées à Niakara, alors que les plus courtes ($24,34 \pm 1,86$) ont été trouvées à Tiébissou. Pour la largeur du fruit, la valeur moyenne la plus élevée ($13,42 \pm 1,43$ cm) a été enregistrée à Niakara et la plus faible valeur ($9,29 \pm 0,47$ cm) dans la zone de Kouto. Pour l'épaisseur du péricarpe des fruits, les fruits les plus épais ($0,48 \pm 0,02$ cm) proviennent de Niakara, tandis que les moins épais ($0,32 \pm 0,47$ cm) se retrouvent à Tiébissou. Les mesures portant sur la masse des fruits ont révélé que la zone de Niakara produit les fruits les plus lourds ($776,80 \pm 286,25$ g), tandis que les fruits les moins lourds ($220,66 \pm 48,78$ g) sont observés à Kouto. Les résultats sont similaires au niveau de la masse de la capsule (fruit vide). Pour la masse moyenne des graines par fruit, la zone de Niakara a obtenu la grande valeur, avec $185,00 \pm 80,12$ g, et la zone de Kouto la plus petite valeur, avec $70,56 \pm 14,90$ g. Pour la masse de la pulpe par fruit, les zones de Niakara et de Korhogo enregistrent les plus grandes valeurs, respectives de $222,28 \pm 88,62$ g et $162,84 \pm 38,39$ g. Les zones de Tiébissou et de Kouto enregistrent de faibles valeurs statistiquement identiques, respectives de $89,24 \pm 37,20$ g et $69,56 \pm 13,15$ g. Pour le volume des capsules, la zone de Niakara produit les fruits les plus volumineux, avec une valeur moyenne de $4675,98 \pm 2160,51$ cm³, tandis que la zone de Kouto produit les fruits les moins volumineux, avec $1698,86 \pm 288,38$ cm³. Pour le nombre de graines par fruit, la zone de Niakara produit également des fruits avec le plus grand nombre de graines, $372,20 \pm 145,50$ graines/fruit, alors que la zone de Kouto produit des fruits avec le plus petit nombre de graines, $210,40 \pm 49,68$ graines/fruit.

L'analyse des proportions des différentes composantes du fruit a montré que le fruit de *A. digitata* est majoritairement composé de coque quel que soit la zone de provenance. En effet, les fruits présentent des proportions moyennes de coque allant de 35,5 à 47,57% avec les plus grandes proportions venant des fruits de la zone de Niakara et les plus petites de la zone de Tiébissou (Figure 3). La pulpe est la composante du fruit en faible proportion. Dans les fruits, la proportion de la pulpe varie de 28,51 % à 31,52 % et la zone de Kouto enregistre la valeur la plus élevée. Les graines du fruit de baobab présentent des proportions qui oscillent entre 23,81% et 34,67%. Ainsi, la valeur de la proportion des graines la plus élevée proviennent de la zone de Tiébissou.

Tableau 1. Caractéristiques morphologiques du fruit de *A. digitata* et de ses composantes

| Paramètres | Zone de Kouto | Zone de Korhogo | Zone de Niakara | Zone de Tiébissou | p |
|---------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|---------|
| Longueur fruit (cm) | 24.90 ± 2,04 ^a | 27.99 ± 2,61 ^a | 31.70 ± 10.55 ^a | 24.34 ± 1.86 ^a | < 0.184 |
| Largeur fruit (cm) | 9.29 ± 0.47 ^a | 12.56 ± 0.96 ^b | 13.42 ± 1.43 ^b | 10.45 ± 0.41 ^a | <.000 |
| Longueur/Largeur | 2.68 ± 0.17 ^a | 2.24 ± 0.27 ^a | 2.34 ± 0.68 ^a | 2.33 ± 0.24 ^a | 0.351 |
| Epaisseur | 0,39 ± 0,04 ^a | 0,36 ± 0,02 ^a | 0,48 ± 0,02 ^a | 0,32 ± 0,47 ^b | <.000 |
| Volume fruit (cm ³) | 1698.86 ± 288.38 | 3483,08 ± 651,89 ^{ab} | 4675,98 ± 2160,51 ^b | 2085,36 ± 164,79 | 0.003 |
| Longueur pédoncule (cm) | 44,80 ± 11,94 ^b | 32,60 ± 4,98 ^{ab} | 32,80 ± 13,64 ^{ab} | 24,20 ± 5,89 ^a | 0,034 |
| Masse du fruit (g) | 220,66 ± 48,78 ^a | 539,60 ± 99,28 ^b | 776,80 ± 286,25 ^c | 299,20 ± 32,14 ^a | <0,000 |
| Masse de la coque (g) | 85,20 ± 16,68 ^a | 224,06 ± 38,05 ^b | 369,52 ± 118,82 ^c | 106,22 ± 9,43 ^a | <0,000 |
| Masse de la graine (g) | 70,56 ± 14,90 ^a | 171,10 ± 75,51 ^b | 185,00 ± 80,12 ^b | 103,74 ± 7,21 ^{ab} | 0,014 |
| Masse de la pulpe (g) | 69,56 ± 13,15 ^a | 162,84 ± 38,39 ^b | 222,28 ± 88,62 ^b | 89,24 ± 37,20 ^a | 0,001 |
| Nombre de graine/fruit | 210,40 ± 49,68 ^a | 370,60 ± 104,25 ^b | 372,20 ± 145,50 ^c | 237,60 ± 18,95 ^d | 0,022 |

p: valeur de la probabilité associée au test non paramétrique U de Mann-Whitney; Concernant une variable donnée, les valeurs affectées de la même lettre en minuscule sur la même ligne ne sont pas significativement différentes pour chaque zone.

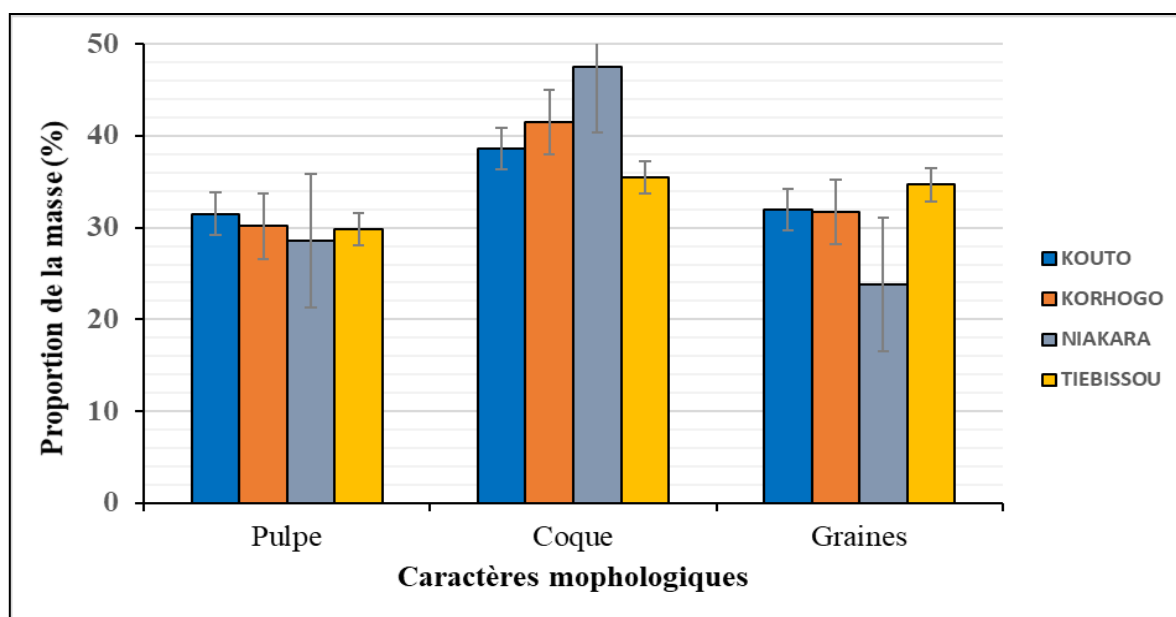


Fig. 3. Proportions des composantes du fruit de *A. digitata* par rapport à la masse du fruit, en fonction des quatre zones agroclimatiques

3.2 VARIABILITÉS DES PARAMÈTRES BIOCHIMIQUES

Les résultats des analyses statistiques des données biochimiques collectées (Tableau 2) ont montré des différences significatives au seuil de 5 % des différents paramètres étudiés à l'exception de la teneur en cendre ($p = 0,146$).

Les teneurs en matière sèche de la pulpe de baobab des quatre villes échantillonnées varient de 87,18 % à 88,89 %, avec la plus grande valeur observée dans la zone de Niakara, tandis que la plus petite valeur est perçue dans la zone de Korhogo. Cependant, les

valeurs intermédiaires provenant des zones de Kouto ($87,78 \pm 0,18\%$) et de Tiébissou ($87,87 \pm 0,66\%$) présentent une similitude entre elles. L'analyse de variance n'a pas mis en évidence une différence significative entre les teneurs en cendre de la pulpe du fruit de baobab des diverses provenances. Les valeurs moyennes de ce descripteur varient de $2,98 \pm 0,07\%$ à $3,06 \pm 0,08\%$. En ce qui concerne les teneurs en fibre, elles ont montré des différences hautement significatives entre les quatre zones de provenance. Les valeurs fortes ($9,98 \pm 0,06\%$) et faibles ($7,52 \pm 0,33\%$) proviennent respectivement des localités de Niakara et de Korhogo.

Pour ce qui est des sucres totaux, nous observons une différence significative pour toutes provenances de la pulpe. La plus grande valeur ($22,33 \pm 0,06\%$) est enregistrée avec les échantillons provenant de Kouto, alors que la faible valeur ($19,77 \pm 0,11\%$) est obtenue dans la zone de Niakara. Au niveau des teneurs en polyphénols totaux, les résultats des analyses statistiques font apparaître une différence significative entre les provenances. La zone Tiébissou fournit une pulpe de forte teneur en polyphénols totaux ($1050,79 \pm 0,66$ mg/100 g), tandis que celle de Niakara enregistre la faible valeur ($918,69 \pm 4,37$ mg/100 g). Tout comme les sucres totaux, l'acidité titrable différencie significativement les zones de provenances avec les taux d'acidité allant de $149,68 \pm 0,32$ meq/100 g (Korhogo) à $105,12 \pm 0,43$ meq/100 g (Niakara). Les résultats des analyses statistiques, en ce qui concerne les teneurs en vitamines C, laissent apparaître une différence significative entre les zones agroclimatiques de provenance. En effet, la pulpe de baobab fournit dans la zone de Kouto contient la plus forte teneur ($169,2 \pm 3,35$ mg/100 g) et la plus faible valeur ($140 \pm 1,5$ mg/100 g) provient de la zone de Korhogo. Les analyses statistiques des teneurs en calcium distinguent significativement les zones de provenances des fruits. La zone de Kouto exprime la teneur statistiquement élevée ($454,80 \pm 3,42$ mg/100 g) par contre celle de Korhogo exprime la faible teneur ($440,1 \pm 2,55$ mg/100 g). Les zones de Niakara ($445,12 \pm 1,87$ mg/100 g) et Tiébissou ($449,20 \pm 5,80$ mg/100 g) présentent des valeurs intermédiaires statistiquement identiques. Tout comme le calcium, la teneur en magnésium différencie significativement les zones de provenance. Ainsi, Les zones de Tiébissou ($240,11 \pm 10,60$ mg/100 g) et de Kouto ($226,10 \pm 10,03$ mg/100 g) enregistrent des valeurs élevées statistiquement différentes. Quant aux zones de Korhogo ($204,52 \pm 8,94$ mg/100 g) et Niakara ($192,21 \pm 11,51$ mg/100 g), elles s'identifient par des valeurs faibles similaires.

Tableau 2. Caractéristiques biochimiques de la pulpe du fruit de baobab

| Paramètres | Zone de Kouto | Zone de Korhogo | Zone de Niakara | Zone de Tiébissou | P |
|--|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-------|
| Humidité (%) | $2,21 \pm 0,18^b$ | $12,80 \pm 0,20^c$ | $11,10 \pm 0,14^a$ | $12,35 \pm 0,15^b$ | <,001 |
| Matière sèche (%) | $87,78 \pm 0,18^b$ | $87,18 \pm 0,21^a$ | $88,89 \pm 0,13^c$ | $87,87 \pm 0,66^b$ | <,001 |
| Cendre (%) | $2,98 \pm 0,07^a$ | $3 \pm 0,02^a$ | $3,06 \pm 0,08^a$ | $3,05 \pm 0,04^a$ | 0,146 |
| Fibre (%) | $9,07 \pm 0,05^c$ | $7,52 \pm 0,33^a$ | $9,98 \pm 0,06^d$ | $8,16 \pm 0,11^b$ | <,001 |
| Sucres Totaux (%) | $22,33 \pm 0,06^d$ | $18,61 \pm 0,04^a$ | $19,77 \pm 0,11^b$ | $21,02 \pm 0,04^c$ | <,001 |
| Teneur en polyphénols totaux (mg/100g) | $1031,17 \pm 0,35^c$ | $1011,18 \pm 0,44^b$ | $918,69 \pm 4,37^a$ | $1050,79 \pm 0,66^d$ | <,001 |
| Acidité Titrable (meq/100g) | $134,06 \pm 0,24^c$ | $149,68 \pm 0,32^d$ | $105,12 \pm 0,43^a$ | $119,87 \pm 0,29^b$ | <,001 |
| Vitamine C (mg/100g) | $169,2 \pm 3,35^b$ | $140 \pm 1,58^a$ | $160 \pm 3,81^b$ | $165,2 \pm 14,13^b$ | <,001 |
| Calcium (mg/100g) | $454,80 \pm 3,42^c$ | $440,1 \pm 2,55^a$ | $445,12 \pm 1,87^b$ | $449,20 \pm 5,80^b$ | <,001 |
| Magnésium (mg/100g) | $226,10 \pm 10,03^b$ | $204,52 \pm 8,94^a$ | $192,21 \pm 11,51^a$ | $240,11 \pm 10,60^c$ | <,001 |

p: valeur de la probabilité associée au test non paramétrique U de Mann-Whitney; Concernant une variable donnée, les valeurs affectées de la même lettre en minuscule sur la même ligne ne sont pas significativement différentes pour chaque zone.

4 DISCUSSION

L'étude sur la variabilité des traits morphologiques et biochimiques des fruits de *A. digitata*, en fonction de son aire de répartition en Côte d'Ivoire est une première. Elle a permis de mettre en évidence le caractère discriminant de la majorité des descripteurs morphologiques. Certains auteurs dans la sous-région sont parvenus à des résultats similaires sur l'étude des caractères morphologiques de *A. digitata* [5], [20]. Les dimensions moyennes observées pour la longueur du pédoncule sont d'autant plus grands du secteur préforestier (zone de Tiébissou) au secteur soudanien (zone de Kouto). Le gradient sud (secteur préforestier) nord (secteur soudanien) lié à l'humidité semble influencer positivement les dimensions du pédoncule des fruits. Des résultats similaires ont été obtenus par [21] sur l'étude des fruits de *Detarium microcarpum* au Mali. Concernant la forme des fruits, la largeur du fruit s'est révélée être le caractère discriminant contrairement à la longueur dont aucune différence n'a été observée entre les zones agroclimatiques. Nos résultats sont différents de ceux de [20] au Bénin. La différence entre ces résultats pourrait être liée au plus grand nombre de morphotypes échantillonné au Bénin. Cependant, les valeurs de la longueur et de la largeur des fruits enregistrées au cours de l'étude sont compatibles avec celles indiquées par [22], pour des capsules récoltées dans plusieurs pays africains. La variabilité du rapport « Longueur/Largeur » des fruits, qui rend compte de leur forme révèle que les baobabs des différentes zones agroclimatiques produisent des fruits aux formes identiques. Les valeurs obtenues de ce rapport révèlent une forme elliptique (allongée) des fruits de *A. digitata* [11]. Les différences très significatives observées, entre les valeurs moyennes de la masse totale des fruits et de la masse de la pulpe des zones agroclimatiques,

expliquent une variation assez importante de ces caractères entre les arbres de *A. digitata* des zones. Ces résultats corroborent ceux de [5] sur *A. digitata* au Mali, mais différent de ceux [20], dont l'échantillonnage a porté sur des formes variées de l'espèce au Bénin. Par ailleurs, on observe que pour l'épaisseur du péricarpe, la masse du fruit, la masse de la pulpe, la masse des graines/fruit et le nombre de graines/fruit, les valeurs les plus élevées sont rencontrées dans les zones agroclimatiques de Niakara et de Korhogo (secteur subsoudanien). Les fruits de grands calibres seraient donc rencontrés dans le secteur subsoudanien, précisément dans la zone de Niakara en Côte d'Ivoire.

Les résultats des analyses biochimiques ont montré des teneurs en humidité faible qui se situent entre 11,10% et 12,80%, quel que soit la zone de provenance. Ces résultats sont similaires à ceux rapportés par [23], [24], [10], qui ont observé des valeurs se situant entre 2 et 27% avec une moyenne de 11,6% pour l'espèce *A. digitata*. Cette faible teneur pourrait être avantageuse puisqu'elle permettrait une meilleure concentration de la matière sèche. Les teneurs en cendres obtenues pour toute provenance confondue (taux $\leq 3,06\%$), font de la pulpe une source non négligeable de minéraux. Les valeurs sont comparables à celles obtenues pour les céréales et les tubercules, qui sont de l'ordre de 2 à 10% [25], [26] ont obtenu des résultats similaires sur l'étude du baobab avec des valeurs de 2,4 g/100g. Les teneurs en fibre de la pulpe de *A. digitata* comprises entre 7,52% et 9,98%, pour tous les échantillons, sont supérieures à celles retrouvées dans les légumes (2,34 g/100 g) ce qui permettrait à l'espèce de contribuer à l'apport en fibres dans l'alimentation. En effet, selon [27], les fibres participent au bon fonctionnement de l'appareil digestif en facilitant le transit intestinal et empêchent également l'absorption de l'excès de cholestérol. Le sucre, critère d'appréciation dans l'alimentation, varie d'une provenance à l'autre avec les fortes valeurs observées dans la pulpe des fruits de la zone de Kouto, Cette variation de la teneur en sucre pourrait dépendre des conditions pédoclimatiques, du stade de maturité du fruit à la récolte et des conditions de stockage de la pulpe [10]. La composition en polyphénols des quatre provenances a indiqué une grande variabilité entre elles avec une teneur moyenne de 1002,96 mg/100g. Cette valeur est comparable à la teneur (1084 mg/100g) obtenue par [10] et supérieure à la teneur (500 mg/100g) observée dans les fruits considérés comme riche en polyphénol tels que la cerise, le raisin etc. [28]. Les teneurs élevées en polyphénols pourraient être dues au traitement thermique et à l'écotype [29], [30]. La pulpe du baobab, du fait de sa teneur en polyphénols, pourrait être conseillée auprès des consommateurs afin de participer à la prévention des maladies cardio-vasculaires [31]. La consommation de la pulpe pourrait également diminuer le stress oxydatif cellulaire, impliqué dans la pathogenèse de diverses maladies neurodégénératives, dont la maladie d'Alzheimer, la maladie de Parkinson et la sclérose latérale amyotrophique [32], [33]. En ce qui concerne l'acidité, elle varie d'une zone à une autre avec une moyenne de 127,18 meq/100g qui est supérieure à la valeur obtenue par [10] qui est de 102 meq/100g. Ces fortes valeurs de l'acidité impliquent donc une augmentation de la teneur en acides forts tels que les acides aminés, les acides gras, l'acide ascorbique ou vitamine C et le dioxyde de carbone dissous [34]. Ces composés proviendraient des réactions chimiques d'oxydoréductions dans les fruits, caractérisées par l'oxydation des composés organiques tels que les lipides, protéines et glucides. Ces résultats montreraient donc une intense réaction métabolique (catabolisme ou anabolisme) dans le fruit de baobab à grande valeur d'acidité. La vitamine C, a indiqué une grande variabilité entre les quatre zones de provenance des fruits avec des valeurs de 140 à 169,2 mg/100g. Ces valeurs obtenues sont proche de ceux du kiwi mais supérieure à ceux de l'orange et de la papaye. Ces résultats permettent de classer les produits du baobab parmi les fruits les plus riches en vitamine C, faisant du baobab un aliment qui pourrait être intéressant pour participer à la prévention des maladies cardiovasculaires via ses propriétés antioxydantes [35]. Le calcium (Ca) et le magnésium (Mg) qui sont des éléments importants pour la nutrition humaine ont révélé une grande variabilité des teneurs dans les quatre zones de provenance, que sont Kouto, Korhogo, Niakara et Tiébissou. Ces variabilités seraient dues à l'influence des précipitations sur la libération des nutriments dans le sol, leur absorption et leur teneur dans les fruits. Aussi, il est à ajouter que les facteurs environnementaux et les différences dans l'adaptabilité au milieu pourraient être en partie responsables de la variabilité de la teneur en calcium et magnésium.

5 CONCLUSION

Il ressort de cette étude qu'il y a une importante diversité morphologique et biochimique en fonction de l'aire de distribution géographique de *A. digitata* en Côte d'Ivoire. Les fruits de l'espèce de la zone de Niakara présentent les masses et les volumes les plus importants comparés aux fruits des autres zones de provenances (Kouto, Korhogo et Tiébissou). Par ailleurs, pour toutes les zones confondues les fruits sont de forme allongée avec une proportion en pulpe élevée dans la zone de Tiébissou. Les résultats obtenus au niveau biochimique, ont différencié significativement les zones de provenances et ont clairement révélé la richesse de la pulpe de baobab en matière sèche, en fibre et en élément minéraux, notamment le calcium et le magnésium. Cette étude a également montré que les fruits de ces zones renfermaient de fortes teneurs en vitamine C et en polyphénols totaux comparativement aux aliments consommés en Côte d'Ivoire. Ces travaux constituent des sources de données pour le baobab ivoirien afin de permettre une meilleure appréciation de leurs potentialités adaptatives et de leurs qualités commerciales ou industrielles par les sélectionneurs, ainsi qu'une facilitation de leur vulgarisation et valorisation.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient toutes les personnes qui ont contribué à la récolte des fruits de baobab dans les différentes zones agroclimatiques et à l'analyse des échantillons de la pulpe au laboratoire.

CONFLITS D'INTÉRÊTS

Les auteurs déclarent qu'il n'y a aucun conflit d'intérêt.

REFERENCES

- [1] G. A. Ambé, "Les fruits sauvages comestibles des savanes guinéennes de Côte d'Ivoire: état de la connaissance par une population locale, les Malinké," *Biotechnol. Agron. Soc. Environ*, vol. 5, no. 1, pp.43-58, 2001. <https://www.researchgate.net/publication/26392482>.
- [2] N. M. T. Kouamé, G. M. Gnahoua, K. E. Kouassi, and D. Traoré, "Plantes alimentaires spontanées de la région du Fromager (Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire): flore, habitats et organes consommés," *Sciences & Nature*, vol. 5, no. 1, pp. 61-70, 2008. DOI: 10.4314/scinat.v5i1.42152.
- [3] F. Kenne, *Contribution à l'étude de l'activité antidiarrhéique de la pulpe de fruit de Adansonia digitata L. (Bombacaceae)*, Thèse, Univ. Cheikh Anta Diop, Dakar, Sénégal, 1994.
- [4] K. N'Guessan, N. M.-T. Kouamé, N.M. C. Assi-Kaudjhis, and C. B. Aké, "Ethnobotanical study of spontaneous wild plants used for food by krobrou People, in the South of Côte d'Ivoire," vol. 4, no. 2, pp. 1354-1365, 2015.
- [5] A. M. Kouyaté, E. Decaluwé, F. Guindo, H. Diawara, L. Diarra, P. Van Damme, and L. N'diaye I., "Variabilité morphologique du baobab (*Adansonia digitata L.*) au Mali," *Fruits*, vol. 66, no. 4, pp. 247-255, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1051/fruits/2011032>.
- [6] D. Sanogo, M. Badji, M. Diop, C. O. Samb, A. Tamba, and Y. K. Gassama, "Évaluation de la production en fruits de peuplements naturels de Baobab (*Adansonia digitata L.*) dans deux zones climatiques au Sénégal," *Journal of Applied Biosciences*, vol. 85, pp. 7838-7847, 2015. DOI: 10.4314/jab.v85i1.8.
- [7] B. A. Bationo, "Étude de la structure et des contraintes socioculturelles à la régénération des parcs à baobab dans le Plateau Central du Burkina Faso. Ouagadougou, Burkina Faso," *Inera/Icraf*, 2003.
- [8] K. B. A. Pamba, J. B. Assanvo, and K. M. Koffi. "Caractérisation biochimique et microbiologique de la pulpe de baobab (*Adansonia digitata L.*) vendue sur le marché d'Abidjan. *American Journal of Innovative Research and Applied Sciences*, vol. 7, no. 5, pp. 320-340, 2018. https://www.american-jiras.com/Abstarct7_November_2018.html.
- [9] A. Touré, S. F. Oulai, A. F. Zoro, L. I. Bamba, Y. R. Soro, and A. Coulibaly, "Study of Physicochemical Parameters of Baobab and Néré Flours and their Influence on Fermentative Activity of *Lactobacillus delbrueckii subsp bulgaricus*". *International Journal of Science and Research*, vol. 8, no.11, pp 128-133, 2019. https://www.ijsr.net/get_abstract.php?paper_id=ART20202087.
- [10] I. Cissé, 2012. "Caractérisation des propriétés biochimiques et nutritionnelles de la pulpe de baobab des espèces endémiques de Madagascar et d'Afrique continentale en vue de leur valorisation," Thèse de Doctorat, école doctorale sciences des procédés-sciences des aliments; Montpellier Supagro. 2012.
- [11] J. Leong Pock, AND R. Lumaret, "Complexité de la biodiversité à Madagascar: exemple des baobabs," *Scripta Botanica Belgica*, vol. 46, pp. 358, 2010.
- [12] M. A. Donk, "Systematics Association Committee for Descriptive Biological Terminology. Ila. Terminology of Simple Symmetrical Plane Shapes (Chart 1a), Addendum," *Taxon*, vol. 11, no. 8, pp. 245-247, 1962. <https://doi.org/10.2307/1217034>.
- [13] N. F. Kodjo, J. L. Konan, G. G. Doué, S. D. M. Yao, K. Allou, and S. Niamké, "Caractérisation physico-chimique des composantes de noix immature et mature de l'hybride de cocotier (*Cocos nucifera L.*) Nain Jaune Malaisie x Grand Vanuatu cultivé en Côte d'Ivoire," *Journal of animal & Plant Sciences*, vol. 27, no. 1, pp. 4193-4206, 2015. <https://www.researchgate.net/publication/286448979>.
- [14] AOAC, "Official methods of analysis. Association of Official Analytical Chemists Ed.," Washington DC, 1990.
- [15] AFNOR, "Recueil des normes françaises d'agro-alimentaire," Paris la défense, France, 1991.
- [16] M. Dubois., K. Gilles, I. Hamilton, P. Rebers, and F. Smith, "Colorimetric methods for determination of sugars and related substances," *Analytical Chemistry*, vol. 28, no. 3, pp. 350-356, 1956. <http://dx.doi.org/10.1021/ac60111a017>.
- [17] N. C. Agbo, M. A. Uebersax, and G. L.Hosfieldn, "An efficient extraction technique of sugars from dry edible beans (*Phaseolus vulgaris L.*) and estimation HPLC," *Ann. Univ. Nation.*, vol. 20 pp. 167-187, 1985.
- [18] J. P. Wolf, "Manuel d'analyse des corps gras," Azoulay Ed, Paris, 1968.
- [19] V. L. Singleton, and J. A. Rossi, "Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdicphosphotungstic acid reagents," *American Journal of Enology and Viticulture*, vol. 16, pp. 144-158, 1965.
- [20] <http://www.ajevonline.org/content/16/3/144.full.pdf+html>.

- [21] A. E. Assogbadjo, B. Sinsin, and P. Van Damme, "Caractères morphologiques et production des capsules de baobab (*Adansonia digitata* L.) au Bénin," *Fruits*, vol. 60, pp. 327–340, 2005. <https://doi.org/10.1051/fruits:2005039>.
- [22] A. M. Kouyaté, "Aspects ethnobotaniques et étude de la variabilité morphologique, biochimique et phénologique de *Detarium microcarpum* Guill. & Perr. au Mali," Thèse de doctorat de 3^{ème} cycle, 2002.
- [23] G. E. Wickens, "The baobab. Africa's upsidedown tree," *Kew Bulletin*, vol. 37, no. 2, pp 173-209, 1982. <https://doi.org/10.2307/4109961>.
- [24] M. Salak, "The vanishing forests of Madagascar Part II," *Cactus Succ J (US)*, vol. 74, pp. 31- 41, 2002.
- [25] P. Soloviev, T. Niang, A. Gaye, and A. Totte, "Variabilité des caractères physicochimiques des fruits de trois espèces ligneuses de cueillette, récoltés au Sénégal: *Adansonia digitata*, *Balanites aegyptiaca* et *Tamarindus indica*," *Fruits*, vol. 59, pp. 109-119, 2004.: <https://doi.org/10.1051/fruits:2004011>.
- [26] FAO, *Composition des aliments en principes nutritifs calorigènes et calcul des valeurs énergétiques utiles*, FAO Ed, Washington DC, 1986.
- [27] I. Obizoba, and N. Amaechi, "The effect of processing methods on the chemical composition of baobab (*Adansonia digitata* L.) pulp and seed," *Ecology of Food and Nutrition*, vol. 29, pp. 109-205, 1993. <https://doi.org/10.1080/03670244.1993.9991305>.
- [28] J. K. Mensah, R. I. Okoli, J. O. Ohaju-Obodo, and K. Eifediyi, "Phytochemical, nutritional and medical properties of some leafy vegetables consumed by Edo people of Nigeria," *African Journal of Biotechnology*, vol. 7, no. 14, pp. 2304-2309, 2008. <https://www.ajol.info/index.php/ajb/article/view/58988>.
- [29] A. Scalbet, L. Duval, S. Peng, and B. Monties, "Polyphenols of *Quercus robur* L. II Preparative Isolation by Low-Pressure and High-Pressure Liquid Chromatography of Heartwood Ellagitannin," *Journal of Chromatography A*, vol. 502, pp. 107-119, 1990. <https://www.jfas.info/index.php/JFAS/article/view/164/102>.
- [30] A. F. Zoro, L. T. Zoué, N. J. Adom, and S. L. Niamké, "Effect of sun drying on nutritive and antioxidant properties of leafy vegetables consumed in Western Côte d'Ivoire". *African Journal of Science and Research*, vol. 4, no. 5, pp 24-31, 2015. <https://silo.tips/download/effect-of-sun-drying-on-nutritive-and-antioxidant-properties-of-leafy-vegetables>.
- [31] B. Xu, and S. Chang, "Total phenolic, phenolic acid, anthocyanin, flavan-3-ol and flavonol profiles and antioxidant properties of pinto and black beans (*Phaseolus vulgaris* L.) as affected by thermal processing," *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 57, pp 4754-4764, 2009. <http://dx.doi.org/10.1021/jf900695s>.
- [32] A. Scalbert, and G. Williamson, (2000). "Dietary intake and bioavailability of polyphenols," *Journal of Nutrition*, vol. 130, no. 8, pp. 2073S-2085S, 2000. DOI: 10.1093/jn/130.8.2073S.
- [33] C. Rice-Evans, and N. J. Miller, "Antioxidants: the case for fruit and vegetables in the diet," *British Food Journal*, vol. 97, no. 9, pp. 35-40, 1995. <https://ur.booksc.me/book/34766502/10d9c4>.
- [34] D. Amic, D. Davidovic-Amic, D. Beslo and N. Trinajstić, "Structure-radical scavenging activity relationship of flavonoids," *Croatia Chemical Acta*, Vol. 76, No. 1, pp. 55-61, 2003.
- [35] A. Jayalekshmy, C. Arumighan, C. S. Narayaman, and A. G. Mathew, "Modification de la composition chimique de l'eau de coco pendant la maturation," *Oléagineux*, vol. 43, pp. 409-414, 1988.
- [36] S. Donovan, And D. Harper, Trechmann's footsteps: the geology of southeast Barbados In Anon (ed). In: Caribbean Geological Conference (Ed.), Vol. 16, no. 21, pp. 85-98, 2002.