



# Variabilité morphologique et agronomique des variétés traditionnelles de voandzou [*Vigna subterranea* (L.) Verdc. (fabaceae)] de Côte d'Ivoire

Séverin Beket BONNY et Yao DJE<sup>✉</sup>

Laboratoire de Biologie et Amélioration des Productions Végétales, UFR des Sciences de la Nature, Université d'Abobo-Adjamé, 02 BP 801 Abidjan 02, Côte d'Ivoire

<sup>✉</sup>Auteur des correspondances (e-mail : [saticlan@yahoo.fr](mailto:saticlan@yahoo.fr))

Original Submitted In 13<sup>th</sup> December 2011. Published online at [www.biosciences.elewa.org](http://www.biosciences.elewa.org) on May 10, 2011.

## RESUME

**Objectif :** L'étude de la diversité morphologique des accessions de voandzou (*Vigna subterranea* (L.) Verdc. Fabaceae) de Côte d'Ivoire a été réalisée pour observer le niveau de diversité et proposer une stratégie de collection et de conservation.

**Méthodologie et résultats :** L'étude a été réalisée sur 101 accessions à partir de 30 marqueurs morphologiques dont 23 quantitatifs et 7 qualitatifs. Les résultats ont indiqué une gamme importante de variabilité phénotypique pour l'ensemble des trente caractères analysés. Quinze caractères sont fortement corrélés aux deux premières composantes principales expliquant 70,87% de la variation totale. L'analyse en composante principale, la classification ascendante hiérarchique et l'analyse factorielle discriminante ont mis en évidence deux ensembles de diversité morphologique ou morphotypes. Le premier groupe comprend 59 accessions caractérisées par un cycle de maturité long (>160 jours après semis) avec des fortes valeurs végétatives et agronomiques. Le second groupe comprend 42 accessions caractérisées par un cycle de maturité court (entre 90 et 140 jours après semis) avec des faibles caractéristiques morphologiques et de rendement.

**Conclusion et perspectives :** Une diversité de variétés sont cultivées en Côte d'Ivoire avec une grande variabilité phénotypique et phénologique. Les variables les plus pertinentes pour décrire la variabilité entre ces 4 groupes sont la longueur de l'entrenœud, la longueur de la gousse, la hauteur de la plante et la durée du cycle. Les résultats obtenus pourraient permettre de définir les stratégies de collecte et de conservation mais aussi être utilisés dans les programmes d'amélioration, de valorisation et de promotion des variétés locales.

**Mots clés:** voandzou, accessions, diversité, morphotypes, Côte d'Ivoire

## ABSTRACT

**Objective:** A study on morphological diversity of Bambara groundnut (*Vigna subterranea* (L.) Verdc. Fabaceae) was conducted to assess the level of diversity among accessions in Côte d'Ivoire in order to set up collecting and conservation strategies.

**Methodology and results:** The study was conducted with 101 accessions based on 30 morphological markers with 23 being quantitative and 7 qualitative. Results showed an important phenotypic variability for all thirty analyzed characters. Thirteen characters were strongly correlated to axis 1 and 2 and explained 70.87% of total variability. Principal component analysis, hierarchical ascendant classification and factorial discriminant analysis showed two morphologically diverse groups or morphotypes. The first group included

59 accessions characterized by a long maturing date (>160 days after sowing) which showed high vegetative and agronomic value. The second group included 42 accessions characterized by a short maturing date (between 90 and 140 days after sowing) with low harvest values and poor vegetative characters.

**Conclusion and Perspectives:** A large number of varieties of Bambara groundnut are cultivated in Côte d'Ivoire with a high phenotypic and phenologic variability. The main variables that distinguish the four morphotypes identified were internode length, shell length, plant height and life cycle duration. Results obtained could help to define collection and conservation strategies and also use in breeding, improvement and promotion of local varieties.

**Key words:** Bambara groundnut, accessions, diversity, morphotypes, Côte d'Ivoire.

## INTRODUCTION

L'espèce *Vigna subterranea* communément appelée voandzou est une légumineuse cultivée pour ses graines qui sont hautement caloriques, riches en éléments minéraux, en vitamines et en protéines (Amarteifio & Moholo, 1998; Minka & Bruneteau, 2000), et possède des vertus thérapeutiques bien connues des populations locales (Nalculma-Ouédraogo, 1996). C'est une culture d'appoint au cours des périodes de soudure entre les principales cultures alimentaires locales. Elle est utilisée pour la fertilisation des sols grâce à sa capacité de fixation de l'azote atmosphérique et donne des rendements moyens allant de 350 à 800 kg/ dans les régions où le sol est pauvre et la pluviométrie faible (Linnemann & Azam-ali, 1993 ; Linnemann, 1994). Cette stabilité de production serait due à sa remarquable capacité d'adaptation aux climats tropicaux et à la diversité génétique des graines semées (Azam-Ali et al., 2001). Les rendements peuvent atteindre 3000 à 3500 kg/ha en conditions contrôlées avec utilisation d'engrais (Azam-Ali et al, 2001).

## MATERIELS ET METHODES

**Matériel végétal :** Le matériel végétal constitué de 101 accessions distinctes a été échantillonné dans l'ensemble des zones de production du voandzou en Côte d'Ivoire. Les semences prélevées directement au champ ou dans les stocks semenciers des paysans constituent une accession. Chaque accession est identifiée par un code indiquant la couleur des graines et un numéro. Les essais ont été mis en place en milieu paysan, de juin 2007 à février 2008 dans le village de Brebo (latitude 5°16'N-5°18'N et longitude 3°47'W-3°50'W) situé à 20 Km à l'Est de l'agglomération d'Abidjan, au Sud de la Côte d'Ivoire.

L'espèce *Vigna subterranea* est cultivée dans toute son aire de distribution sous forme de variétés traditionnelles (Linnemann & Azam-Ali, 1993). Sous l'effet des sélections naturelle et humaine, ces variétés locales ont accumulé une diversité génétique qui a très peu été étudiée et est par conséquent mal exploitée dans la gestion des ressources disponibles (Goli, 1997 ; Baudoin, 2001). Des travaux récents ont montré l'existence d'une importante variabilité aussi bien au niveau morphologique que moléculaire (Massawe et al., 2002; Ntundu et al., 2004; Djè et al., 2005 ; Ofori et al., 2006). En Côte d'Ivoire, la carte de la diversité de cette espèce et de son organisation n'est pas bien connue, alors qu'elle pourrait offrir des opportunités dans la conception des programmes de conservation et d'amélioration. Cette étude se propose d'étudier la diversité des accessions locales de voandzou, sur toute l'étendue de la zone de culture en Côte d'Ivoire, par l'analyse de caractères phénologique, morphologique et de rendement.

**Dispositif expérimental et conduite de la culture :** L'essai a été installé selon un dispositif de Fisher à trois répétitions en trois blocs couvrant une superficie de 3750 m<sup>2</sup> chacun (75 m x 50). Les blocs, sont subdivisés chacun en parcelles élémentaires de 66 m<sup>2</sup> (11 m x 6 m). Les parcelles, séparées de 1 m, ont été labourées sous forme de planche de 0,15 m de hauteur. Une parcelle comporte six rangs de 10 m de long équidistant de 0,8 m. Sur un rang, l'écartement entre les poquets est de 1 m. Pour chacune des 101 accessions, cinq graines ont été semées de façon aléatoire par bloc. Chaque accession est ainsi

représentée par 15 plantes. Les semis ont été effectués le 14 juin 2007 pendant la saison pluvieuse et la dernière récolte a eu lieu, en saison sèche, le 28 février 2008. Le nombre d'individus et les périodes de mesure sont effectuées en tenant strictement compte des recommandations du descripteur (IPGRI et al., 2000).

**Collecte des données :** Trente paramètres sélectionnés dans la liste des descripteurs du voandzou (IPGRI et al., 2000) ont été analysés dont 7 caractères qualitatifs et 23 caractères quantitatifs (tableau 1).

**Tableau 1 :** Variables quantitatifs et qualitatifs utilisées pour l'évaluation des races locales de voandzou (*Vigna subterranea* (L.) Verdc.) et les différents codes

| <b>Caractères étudiés</b>                | <b>Code</b> |
|--|-------------|
| <b>Qualitatifs</b>                       |             |
| Couleur de la foliole                    | CFo         |
| Forme de la foliole                      | FFo         |
| Résilience de la foliole                 | RFo         |
| Forme de la gousse                       | FGs         |
| Texture de la gousse                     | TGs         |
| Dureté de la cosse                       | DCs         |
| Habitus de croissance                    | HaC         |
| <b>Quantitatifs</b>                      |             |
| <b>Paramètres phénologiques</b>          |             |
| Temps d'émergence (j)                    | TEm         |
| Temps de la première floraison (j)       | TFI         |
| Temps de maturation (j)                  | TMa         |
| <b>Paramètres morphologiques</b>         |             |
| Nombre de fleur par pédoncule florale    | NFp         |
| Longueur de la bannière de la fleur (mm) | LBa         |
| Longueur du pédoncule floral (mm)        | LPf         |
| Nombre de feuilles                       | NFe         |
| Longueur de la foliole terminale (mm)    | LFo         |
| Largeur la foliole terminale (mm)        | IFo         |
| Longueur du pétiole de la feuille (mm)   | LPt         |
| Longueur des entre-nœuds (mm)            | LEn         |
| Nombre de nœuds par tige                 | NNd         |
| Nombre de branches par tige              | NBr         |
| Nombre de tiges par plante               | NTg         |
| Envergure de la plante (cm)              | EvP         |
| Hauteur de la plante (cm)                | HaP         |
| <b>Paramètres de rendement</b>           |             |
| Nombre de gousses (mm)                   | NGs         |
| Longueur de la gousse (mm)               | LGs         |
| Largeur de la gousse (mm)                | IGs         |
| Longueur de la graine (mm)               | LGr         |
| Largeur de la graine (mm)                | IGr         |
| Pourcentage de cosse (%)                 | PCs         |
| Poids de 100 graines (g)                 | PdG         |

Les trente (30) caractères mesurés concernent la phénologie (5), la morphologie (16) et le rendement (9). Quinze (15) individus prélevés aléatoirement parmi les semences de chaque accession sont analysés par accession, de l'émergence à la maturité physiologique des plantes. Les fruits de chaque plante sont évalués après deux mois de séchage suivant les recommandations du descripteur du voandzou (IPGRI et al., 2000).

**Analyse des données :** Les performances des différentes accessions pour chaque caractère quantitatif ont été évaluées en déterminant la moyenne, l'écart type, le coefficient de variation, le minimum et le maximum. Le degré d'association entre les différents caractères étudiés a été estimé par le coefficient de

corrélation de Pearson. Afin d'apprécier le degré de ressemblance entre les unités analysées et comprendre les relations phylogénétiques existant entre elles, les données recueillies ont été soumises à une analyse en composantes principales (ACP), une classification ascendante hiérarchique (CAH) selon la méthode de Ward et une analyse factorielle discriminante (AFD). Les caractères mesurés étant exprimés dans des unités distinctes et leur ordre de grandeur très différents, les données ont été standardisées de manière à ce que leur moyenne soit nulle et leur écart type résiduel unitaire (Dagnelie, 1986; Palm, 1996; Koffi et al., 2008). L'ensemble des calculs a été effectué par le logiciel Statistica StatSoft, version 7.1 (Statistica, 2005).

## RESULTATS

**Analyses statistiques descriptives :** L'examen des résultats (tableau 2) indique des écarts importants entre les minima et les maxima. Les coefficients de variation vont de 0% (nombre de fleurs par pédoncule

floral) à 62,30% (nombre de feuilles par plante). On observe des valeurs significativement élevées ( $CV > 20\%$ ) pour 7 des 23 caractères métriques analysés.

**Tableau 2:** Analyse des 23 caractères quantitatifs mesurés pour les 101 accessions de voandzou de Côte d'Ivoire.

| N° | Caractères | Moyennes | Ecart types | Minimum | Maximum | CV (%) |
|----|------------|----------|-------------|---------|---------|--------|
| 1  | TEm (j)    | 7,96     | 0,94        | 6,20    | 10,66   | 11,9   |
| 2  | NFp        | 2        | 0           | 2       | 2       | 0      |
| 3  | TFI (j)    | 67,65    | 17,33       | 35,38   | 98,08   | 25,6   |
| 4  | LPf (mm)   | 19,47    | 6,66        | 7,21    | 33,13   | 34,2   |
| 5  | LBa (mm)   | 9,07     | 1,01        | 8,16    | 17,00   | 11,1   |
| 6  | NFe        | 455,43   | 284,13      | 48,33   | 1012,93 | 62,3   |
| 7  | LEn (mm)   | 32,49    | 14,09       | 8,44    | 54,98   | 43,3   |
| 8  | LPt (mm)   | 130,15   | 25,68       | 93,13   | 221,31  | 19,7   |
| 9  | LFo (mm)   | 86,35    | 7,12        | 65,05   | 104,57  | 8,2    |
| 10 | IFo (mm)   | 31,16    | 3,99        | 20,33   | 41,22   | 12,8   |
| 11 | NNd        | 15,06    | 3,72        | 4,74    | 22,73   | 24,7   |
| 12 | NBr        | 8,40     | 2,68        | 0,46    | 13,75   | 31,9   |
| 13 | NTg        | 8,71     | 1,24        | 6,60    | 11,60   | 14,2   |
| 14 | HaP (cm)   | 24,19    | 3,17        | 17,04   | 32,00   | 13,1   |
| 15 | EvP (cm)   | 98,25    | 34,41       | 35,00   | 157,40  | 35,0   |
| 16 | TMa (j)    | 164,64   | 30,44       | 92,00   | 205,53  | 18,4   |
| 17 | NGs        | 112,63   | 53,82       | 29,06   | 245,00  | 47,7   |
| 18 | LGs (mm)   | 19,25    | 1,51        | 14,02   | 22,131  | 7,8    |
| 19 | IGs (mm)   | 14,43    | 1,20        | 10,05   | 16,99   | 8,3    |
| 20 | LGr (mm)   | 13,09    | 0,94        | 10,03   | 15,25   | 7,2    |
| 21 | IGr (mm)   | 10,64    | 0,69        | 8,42    | 12,03   | 6,4    |
| 22 | PCs (%)    | 34,40    | 4,58        | 21,50   | 44,25   | 13,3   |
| 23 | PdG (g)    | 79,46    | 14,59       | 35,83   | 113,30  | 18,3   |

**Corrélations entre les caractères :** Les corrélations concernent les 23 caractères quantitatifs qui présentent une variabilité (tableau 3). La majorité de ces corrélations est hautement significative ( $r>0,60$ ). Les corrélations les plus élevées sont celles qui associent les caractères morphologiques aux caractères du rendement. Cependant, la plus forte corrélation positive ( $r = 0,98$ ) lie le nombre de nœuds (NNd) au nombre de branches (NBr) tandis que la plus forte corrélation négative ( $r = -0,77$ ) lie le nombre de feuilles (NFe) à la longueur du pétiole (LPt).

L'analyse de ces résultats permet de faire ressortir quelques informations importantes. Les plantes à grande envergure ont un nombre de feuilles élevé (en moyenne 1012,93 contre 48,33 au minimum), un cycle de développement long (205,53 JAS pour une durée moyenne de 164,64 JAS), produisent de nombreuses gousses charnues avec un fort pourcentage de cosse et ont les poids de 100 graines les plus élevés. A l'inverse, il existe des plantes avec de faibles caractéristiques foliaires, un cycle court et les poids de 100 graines les plus faibles.

**Structuration de la diversité morphologique :** Le tableau 4 montre les corrélations entre les composantes principales de l'ACP et les variables initiales. Les 4 premières composantes expliquent respectivement 50,90 ; 19,96 ; 8,43 et 4,55% de la variabilité, soit 83,86% de la variabilité totale. Les deux premières composantes qui absorbent 70,87% de la variance ont servi à analyser la variabilité morphologique des accessions. L'axe 1 exprime le développement végétatif et phénologique et explique 59,90% de la variabilité. Il met en évidence deux groupes I et II (figure 1). Le groupe I est constitué des accessions tardives (durée du cycle > 160 jours) et le groupe II, des accessions précoces (< 160 jours).

L'axe 2 avec 19,96% de la variance définit la vigueur des plantes. Les caractères qui contribuent à la formation de cet axe 2 sont négativement corrélés à l'axe. La projection des individus dans le plan factoriel défini par les axes 1 et 2 (figure 1) met en évidence deux grands groupes par rapport à l'axe 1 (tardifs et précoces). L'axe 2, structure les accessions en quatre sous groupes. Le sous groupe I<sub>1</sub> constitué des accessions très tardives (durée du cycle > 180 JAS) et le groupe II<sub>2</sub> regroupe les accessions très précoces (durée du cycle < 100 JAS), toutes situées du côté positif de l'axe 2. Du côté négatif de l'axe, il y a le groupe I<sub>2</sub> formé des accessions tardives (durée du cycle > 160 JAS) et le groupe II<sub>1</sub> qui rassemble des accessions semi-précoces (durée du cycle < 140 JAS).

La liste détaillée des accessions de chacun des 4 sous-groupes est reprise dans le tableau 5. La classification hiérarchique des 101 accessions par la méthode d'agglomération de Ward est présentée à la figure 2. L'analyse du dendrogramme indique qu'une première coupure, au niveau de similarité 80, conduit à définir deux ensembles I et II avec respectivement 42 et 59 accessions. Une troncature au niveau de ressemblance 40 fournit une plus fine classification avec quatre groupes de diversité phénotypique: les groupes 1, 2 et 3 inclus dans l'ensemble I et le groupe 4 qui s'identifie à l'ensemble II. Les résultats (tableau 5) présentent la typologie relative à chacun des 4 groupes de diversité phénotypique ainsi obtenus.

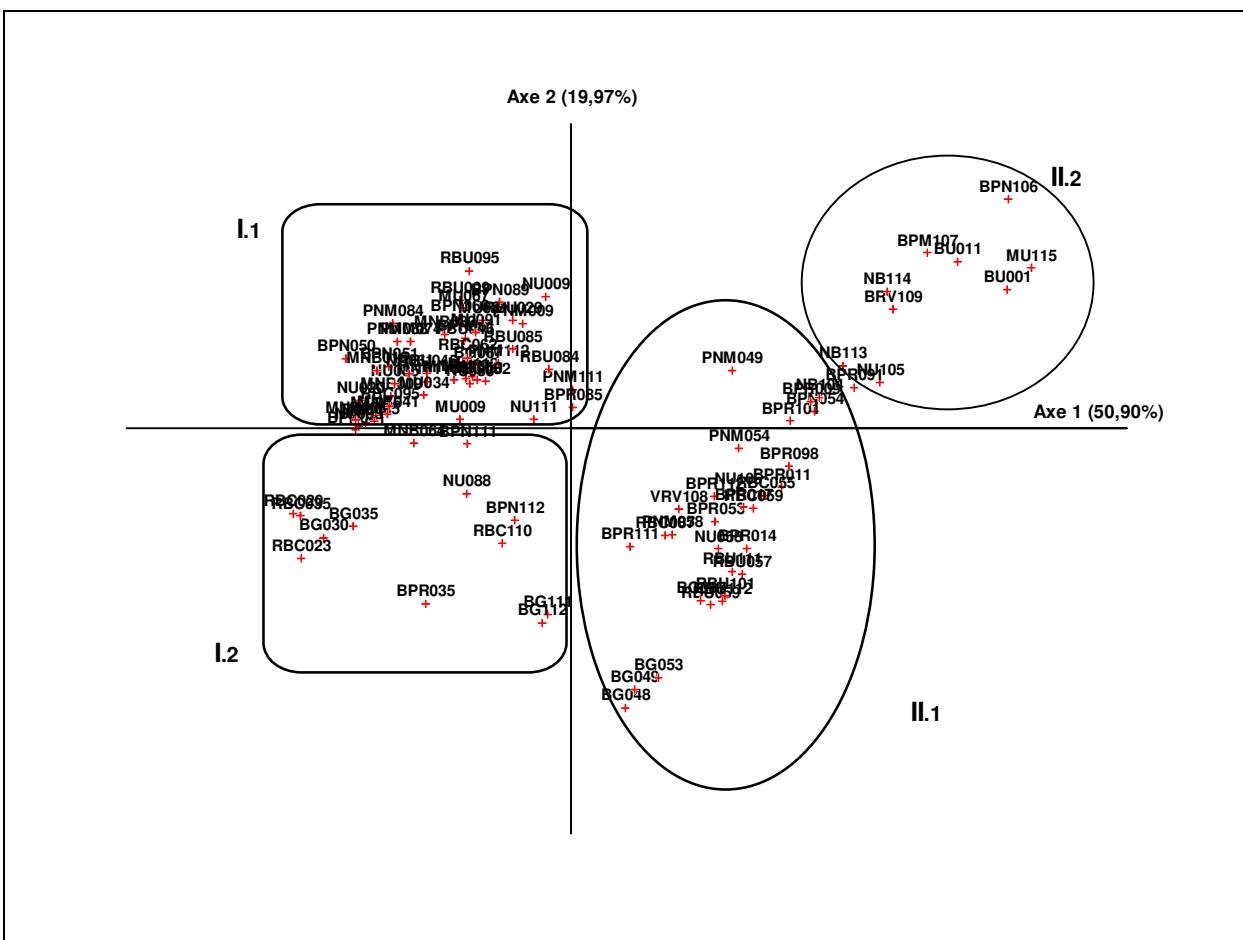
**Groupe 1 :** Le groupe 1 est constitué de 26 accessions et se caractérisent par un cycle de développement précoce marqué par un temps de floraison moyen de 50 jours après semis (JAS) et une maturité physiologique moyen de 141 JAS. Les accessions du groupe 1 ont un habitus de croissance de type bouquet.

**Groupe 2 :** Le groupe 2 est composé de 9 accessions et présente la particularité d'être constitué uniquement des accessions très précoces définis par un temps de floraison moyen de 39 JAS et un cycle de développement très court (98 jours en moyenne) (Tableau 5). Certains individus sont particulièrement précoces et arrivent à maturité avant 90 jours. Les caractères morphologiques et de rendement ont les plus faibles valeurs pour de individus dans ce groupe. Les individus de ce groupe sont de type bouquet (figure 3)

**Groupe 3 :** Le 3<sup>ème</sup> groupe renferme 7 accessions qui fleurissent en moyenne 56 JAS et atteignent leur maturité physiologique autour de 156 JAS. Les paramètres morphologiques et de rendement sont significativement supérieurs à ceux observés dans les deux groupes précédents (Tableau 6). Les plantes de ce groupe ont un habitus de croissance de type semi bouquet (figure 4).

**Groupe 4 :** Le 4<sup>ème</sup> groupe renferme 59 accessions. Leur cycle de développement très long est marqué par une floraison en 81 JAS en moyenne ainsi qu'une maturité physiologique tardive qui est atteinte au bout de 186 JAS en moyenne. Certains individus ont un cycle de développement particulièrement long de plus de 200 jours. L'habitus de croissance est de type rampant (figure 5). Leurs caractéristiques morphologiques et de rendement sont les plus élevées de tous les groupes. La forme de la gousse, très caractéristique de chacun des 4 morphotypes est présentée à la figure 6. L'AFD confirme l'existence des

4 groupes de diversité qui sont très nettement distincts les uns des autres (figure 7). Les variables les plus pertinentes pour décrire la variabilité entre ces 4 groupes sont la longueur de l'entreœud, la longueur de la gousse, la hauteur de la plante et la durée du cycle.



**Figure 1:** Projection des 101 accessions dans le plan 1-2 de l'Analyse en Composante Principale

**Tableau 4:** Valeurs propres et contribution des caractères aux axes de l'analyse en composante principale

|  | Axe 1   | Axe 2  | Axe 3  | Axe 4  |
|--|---------|--------|--------|--------|
| <b>Valeurs propres</b>                                       | 11,19   | 4,39   | 1,85   | 1,00   |
| <b>Variance totale (%)</b>                                   | 50,90   | 19,96  | 8,43   | 4,55   |
| <b>Cumul de la variance totale (%)</b>                       | 50,90   | 70,87  | 79,30  | 83,86  |
| <b>Caractères définissant les axes et leur valeur propre</b> |         |        |        |        |
| TEm  | -0,559  | 0,057  | -0,128 | -0,107 |
| TFI  | -0,907* | 0,301  | 0,091  | -0,039 |
| LPf  | -0,917* | 0,156  | -0,032 | 0,121  |
| LBa  | -0,154  | -0,116 | -0,261 | 0,924* |
| NFe  | -0,902* | 0,331  | 0,014  | 0,039  |
| LEn  | -0,936* | 0,212  | 0,035  | 0,021  |

|       |         |         |        |        |
|-------|---------|---------|--------|--------|
| LPt   | 0,473   | -0,678  | 0,412  | 0,110  |
| LFo   | -0,323  | -0,775* | 0,401  | 0,072  |
| IFo   | -0,372  | -0,747* | 0,396  | -0,051 |
| NNd   | -0,857* | 0,206   | 0,363  | -0,008 |
| NBr   | -0,826* | 0,207   | 0,386  | -0,021 |
| NTg   | 0,670   | -0,423  | -0,221 | 0,078  |
| HaP   | 0,171   | -0,799* | 0,455  | 0,006  |
| EvP   | -0,951* | 0,184   | 0,091  | 0,045  |
| TMa   | -0,922* | 0,104   | 0,247  | -0,000 |
| NGs   | -0,834* | 0,111   | 0,105  | 0,145  |
| LGs   | -0,510  | -0,710* | -0,359 | -0,095 |
| IGs   | -0,694  | -0,550  | -0,330 | -0,046 |
| LGr   | -0,637  | -0,483  | -0,427 | -0,162 |
| IGr   | -0,676  | -0,481  | -0,374 | -0,130 |
| PCs   | -0,626  | -0,429  | 0,024  | 0,106  |
| PdG   | -0,829* | -0,253  | -0,300 | -0,052 |
| HaC-b | 0,831*  | -0,083  | -0,117 | 0,067  |
| HaC-s | 0,277   | -0,545  | 0,125  | -0,121 |
| HaC-r | -0,871* | 0,322   | 0,047  | -0,005 |

\* coefficient de corrélation significatif

**Tableau 5:** Nombre et identité des accessions des groupes de l'ACP

| Groupe I (tardives) |        |        |        | Groupe II (précoce) |        |        |        |
|---------------------|--------|--------|--------|---------------------|--------|--------|--------|
| Nombre              | I.1    | Nombre | I.2    | Nombre              | II.1   | Nombre | II.2   |
| 1                   | RBU009 | 1      | BG111  | 1                   | BPN106 | 1      | RBU057 |
| 2                   | BG009  | 2      | BG112  | 2                   | NU105  | 2      | RBU059 |
| 3                   | MU009  | 3      | BG030  | 3                   | NB114  | 3      | RBU101 |
| 4                   | MU111  | 4      | BG035  | 4                   | BU001  | 4      | RBU111 |
| 5                   | MU112  | 5      | BPN111 | 5                   | BU011  | 5      | RBU112 |
| 6                   | NU009  | 6      | BPN112 | 6                   | BRV109 | 6      | BG048  |
| 7                   | NU111  | 7      | BPR035 | 7                   | NB113  | 7      | BG049  |
| 8                   | PNM009 | 8      | NU088  | 8                   | MU115  | 8      | BG053  |
| 9                   | PNM111 | 9      | RBC110 | 9                   | BPM107 | 9      | BG087  |
| 10                  | PNM112 | 10     | RBC020 | 10                  | BPR091 | 10     | BPR011 |
| 11                  | MNB009 | 11     | RBC023 |                     |        | 11     | BPR053 |
| 12                  | MNB111 | 12     | RBC035 |                     |        | 12     | BPR101 |
| 13                  | RBU029 | 13     | MNB064 |                     |        | 13     | BPR009 |
| 14                  | RBU045 |        |        |                     |        | 14     | BPR111 |
| 15                  | RBU046 |        |        |                     |        | 15     | BPR014 |
| 16                  | BG050  |        |        |                     |        | 16     | BPR100 |
| 17                  | BPN041 |        |        |                     |        | 17     | BPR098 |
| 18                  | BPN050 |        |        |                     |        | 18     | BPR112 |
| 19                  | BPN051 |        |        |                     |        | 19     | NU058  |
| 20                  | MU015  |        |        |                     |        | 20     | NU106  |
| 21                  | MU034  |        |        |                     |        | 21     | PNM049 |
| 22                  | MU035  |        |        |                     |        | 22     | PNM054 |
| 23                  | NU020  |        |        |                     |        | 23     | PNM058 |
| 24                  | NU033  |        |        |                     |        | 24     | RBC055 |
| 25                  | NU035  |        |        |                     |        | 25     | RBC059 |
| 26                  | MNB016 |        |        |                     |        | 26     | RBC087 |

|    |        |  |  |  |  |    |        |
|----|--------|--|--|--|--|----|--------|
| 27 | MNB033 |  |  |  |  | 27 | NB104  |
| 28 | MNB041 |  |  |  |  | 28 | VRV108 |
| 29 | RBU084 |  |  |  |  | 29 | BPN054 |
| 30 | RBU085 |  |  |  |  |    |        |
| 31 | RBU095 |  |  |  |  |    |        |
| 32 | BG067  |  |  |  |  |    |        |
| 33 | BG082  |  |  |  |  |    |        |
| 34 | BPN061 |  |  |  |  |    |        |
| 35 | BPN066 |  |  |  |  |    |        |
| 36 | BPN089 |  |  |  |  |    |        |
| 37 | BPR085 |  |  |  |  |    |        |
| 38 | MU067  |  |  |  |  |    |        |
| 39 | MU081  |  |  |  |  |    |        |
| 40 | MU091  |  |  |  |  |    |        |
| 41 | NU061  |  |  |  |  |    |        |
| 42 | NU083  |  |  |  |  |    |        |
| 43 | PNM074 |  |  |  |  |    |        |
| 44 | PNM084 |  |  |  |  |    |        |
| 45 | PNM088 |  |  |  |  |    |        |
| 46 | RBC062 |  |  |  |  |    |        |
| 47 | RBC095 |  |  |  |  |    |        |
| 48 | MNB075 |  |  |  |  |    |        |
| 49 | MNB089 |  |  |  |  |    |        |

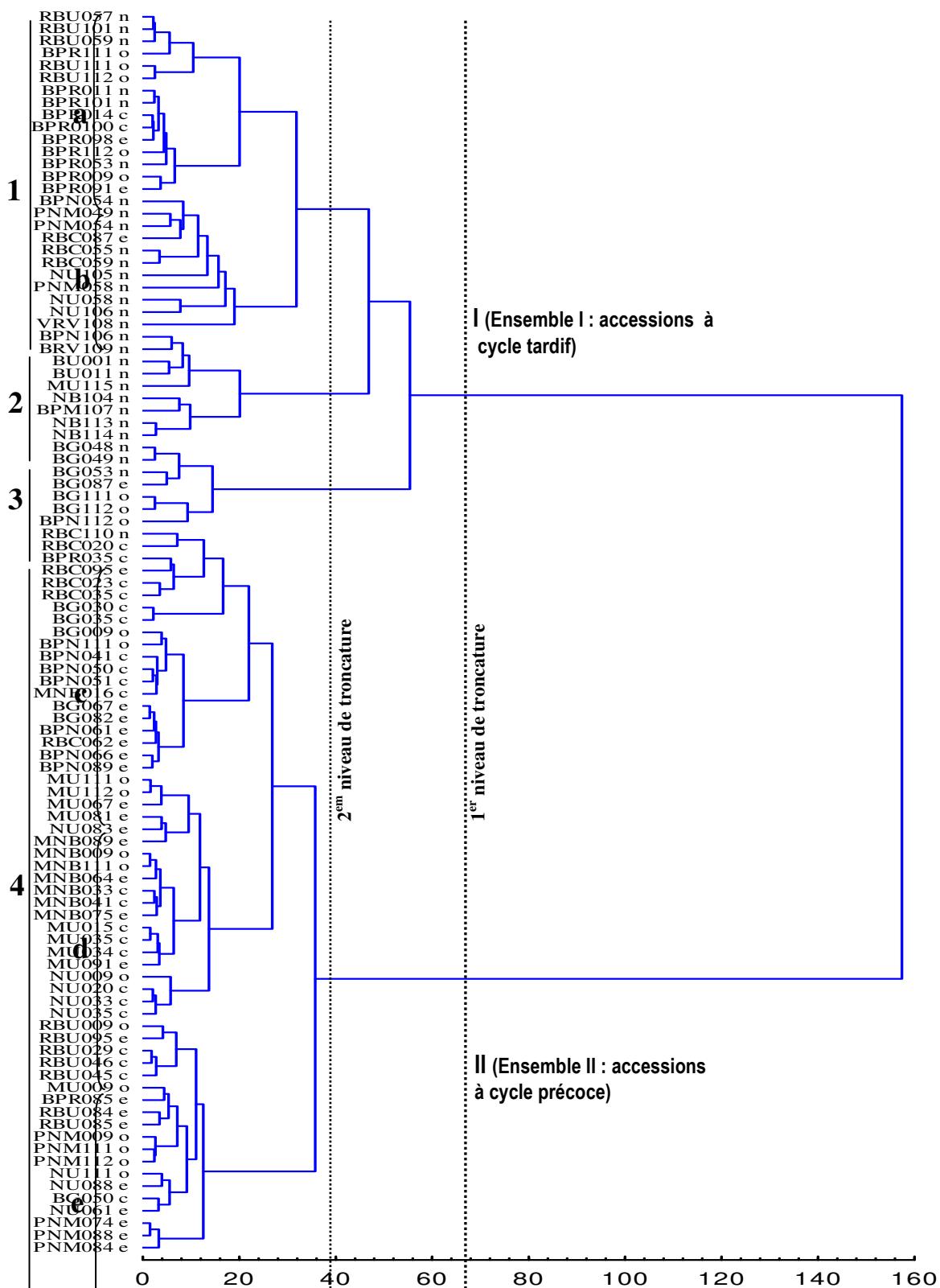


Figure 2: Dendrogramme issu de la CAH, réalisée selon la méthode de Ward, montrant les relations phylogénétiques entre les 101 accessions (Nord: n ; Centre: c ; Ouest: o ; Est: e)



Figure 3 : Morphotype de voandzou à port bouquet"



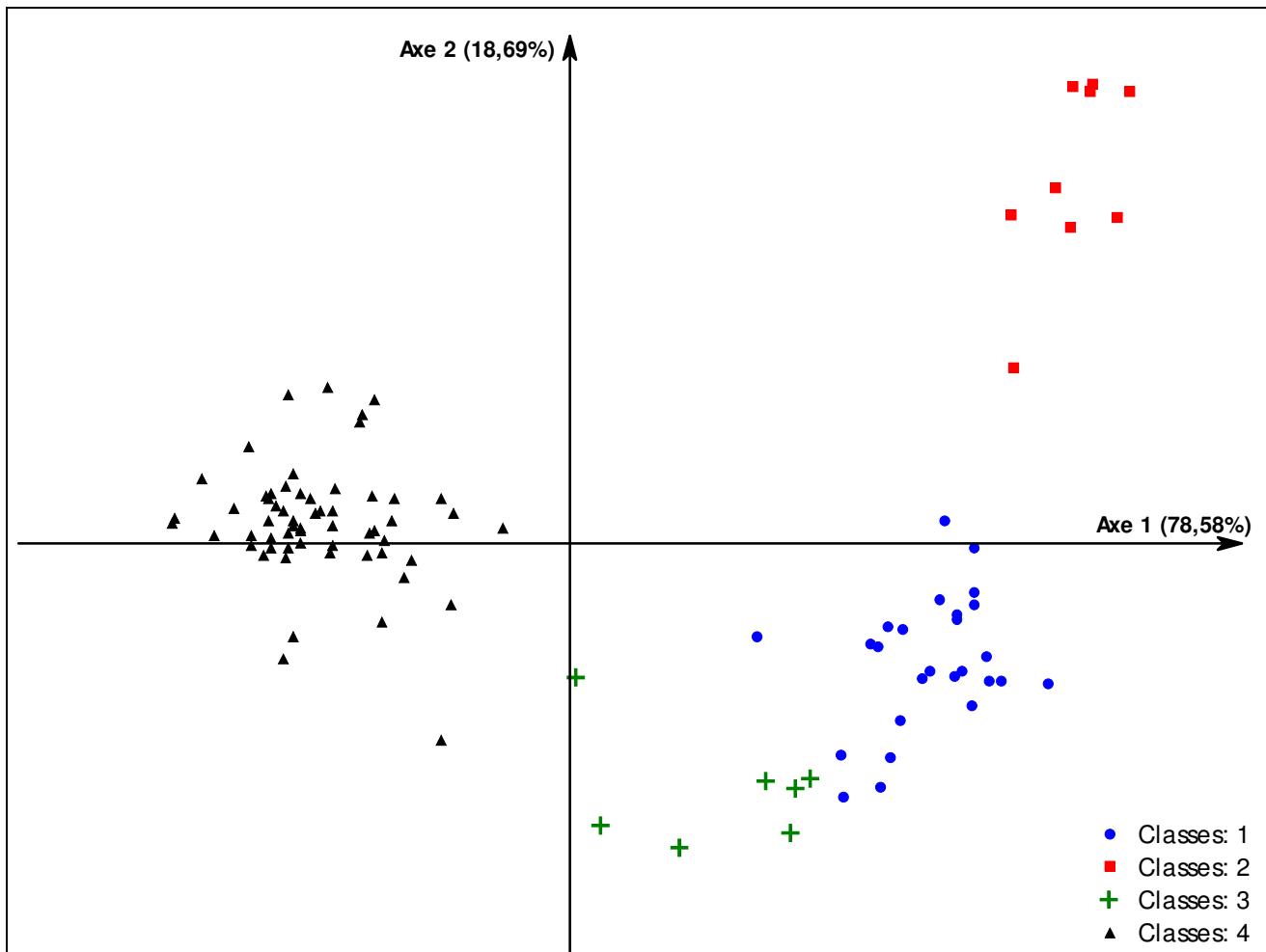
Figure 4 : Morphotype de voandzou à port semi-bouquet



Figure 5 : Morphotype de voandzou à port rampant

|  |   |
|--|---|
| A photograph of several brown, roundish seed pods (gousses) of type 'a'. A ruler is placed below them for scale, ranging from 30 to 36 cm.   | A photograph of several brown, roundish seed pods (gousses) of type 'b'. A ruler is placed below them for scale, ranging from 30 to 36 cm.  |
| <p>a - arrondie à la base sans une pointe au sommet</p> A photograph of several brown, roundish seed pods (gousses) of type 'c'. A ruler is placed below them for scale, ranging from 30 to 40 cm. | <p>b - arrondie à la base avec une pointe au sommet</p> A photograph of several brown, roundish seed pods (gousses) of type 'd'. A ruler is placed below them for scale, ranging from 1 to 39 cm. |

Figure 6 : Différentes formes de gousses observées chez les morphotypes de voandzou



**Figure 7 :** Représentation des 4 groupes de diversité phénotypique dans le plan 1-2 de l'AFD

## DISCUSSION

L'étude des accessions locales de voandzou a permis d'apprécier le statut actuel de la diversité de l'espèce en Côte d'Ivoire. Les coefficients de variation élevés observés pour un nombre significatif de caractères indiquent la présence d'une forte hétérogénéité au sein des accessions locales de voandzou.

La dispersion et les moyennes obtenues pour chaque caractère quantitatif sont nettement supérieures à celles observées dans des études similaires réalisées par Ntundu et al. (2006) en Tanzanie à partir de 100 accessions, par Goli et al. (1997) à l'IITA au Nigeria avec 1384 accessions originaires de toute l'Afrique et par Ofori et al. (2006) au Ghana avec 70 accessions locales. L'ensemble de ces résultats témoignent de l'existence d'une diversité importante au sein de l'espèce. Cette importante variabilité phénotypique observée pourrait résulter de l'expression d'une forte hétérogénéité génotypique mais aussi de l'influence

des facteurs environnementaux. En effet, de nombreux travaux ont montré que la longueur du jour (Harris & Azam-ali, 1993; Linnemann et al., 1995 ; Brink, 1999), la température (Linnemann & Craufurd, 1994; Brink, 1998) et l'humidité (Collinson et al., 1996) entraînent des effets variables sur le développement végétatif et physiologique du voandzou. Les corrélations ont indiqué une claire relation entre les caractères morphologiques et le rendement des plantes. Les accessions à cycle tardif sont plus vigoureuses et donnent les meilleurs rendements quant les faibles rendements résultent des accessions précoces aux caractéristiques végétatives les plus faibles. Ces résultats sont en contradiction avec ceux de Ouédraogo et al (2008) qui ont rapporté qu'au Burkina-Faso, les accessions tardives donnaient les plus faibles rendements. Cela pourrait s'expliquer par la rareté des pluies dans cette région semi-aride du Burkina-Faso.

Les corrélations constituent un outil indispensable pour les améliorateurs dans le choix des caractères à intégrer dans les programmes de sélection.

L'ACP a confirmé cette importante variabilité morphologique. Il ressort de la forte représentativité des deux premiers axes de l'ACP (70,87%), l'existence d'une forte organisation génotypique et phénotypique du matériel étudié. L'ACP structure les accessions en fonction de la durée de leur cycle en groupes précoces et tardifs. La CAH et l'AFD ont mis en évidence quatre groupes de diversité. Les dissemblances morphologiques et phénologiques observées entre les différents groupes de diversité phénotypique suggèrent que les accessions sont maintenues sous des processus évolutifs très différents dans leur agroécosystème respectif. Les agroécosystèmes sont susceptibles d'exercer des pressions sélectives très variables sur les génotypes (Doku & Karikari, 1971;

Sadiki & Jarvis, 2005) de même que les pressions anthropiques (Robert et al., 2004). En effet, le mode de gestion des semences par les agriculteurs tels que les tris sélectifs, le recyclage des graines par la culture et les pratiques agricoles conduisent à une sélection entraînant le maintien, voire la création d'une diversité phénotypique importante (Robert et al., 2005). Ces facteurs évolutifs pourraient être les causes de la nette différenciation agromorphologique et phénologique observée entre les accessions. Cette évolution constante influencée par les facteurs pédologiques, climatiques et anthropiques dans les différents agroécosystèmes donne aux accessions des caractéristiques qui leurs sont propres (Azam-Ali et al., 2001). La présence du groupe de diversité 3 avec des caractéristiques intermédiaires entre les accessions précoces et tardives pourrait être le résultat d'un processus adaptatif.

## CONCLUSION

L'étude de la diversité morphologique et agronomique des accessions de Côte d'Ivoire a révélé un patrimoine local riche et diversifié. Les 30 marqueurs de diversité utilisés ont permis de révéler une importante variabilité génétique entre les 101 accessions provenant de notre collection. Cette variabilité génétique est structurée en quatre groupes de diversité morphologique ou morphotypes caractérisés par la durée de phase végétative, l'habitus de croissance, la taille, la durée du cycle de développement et la productivité. Ces quatre morphotypes s'organisent autour de deux groupes de diversité génétique : le premier groupe de diversité constituée des accessions dressées, de petite taille, précoces aux faibles valeurs agronomiques et le second groupe renferme des accessions rampantes, tardives, aux fortes caractéristiques morphologiques et avec un rendement élevé. Ces pools de diversité génétique pourraient être considérés comme deux réservoirs importants des caractéristiques génétiques des accessions locales de voandzou. Les propriétés agronomiques de ces groupes de diversité peuvent être exploitées en phytotechnie dans l'aménagement des

agrosystèmes incluant le voandzou. Les accessions rampantes qui couvrent rapidement le sol peuvent être produites en culture pure ou associées à des espèces comme le maïs qui ont port dressé. En raison de leur forte productivité avec des graines de gros calibre, elles peuvent être sélectionnées à des fins alimentaires. Les fortes corrélations observées entre paramètres morphologiques et agronomiques font des caractères concernés des indices importants à utiliser dans les programmes d'amélioration. L'ensemble des résultats a permis une bonne compréhension de la structure et de la distribution de la diversité actuelle et permettra de définir les stratégies des futures missions de collecte pour une meilleure conservation et une utilisation de la collection dans les programmes de reproduction, de valorisation et de promotion du germlasme. Enfin, une étude génétique par le biais des marqueurs moléculaires doit venir compléter ces observations et fournir une analyse plus fine qui aidera à entreprendre un programme de conservation par l'établissement d'une collection noyau.

## REFERENCES

- Amarteifio JO, Moholo D, (1998). The chemical composition of flour legumes consumed in Botswana. Journal of Food Composition and Analyses, 11: 329-332.
- Azam-ali SN, Sesay A, Karikari SK, Massawe FJ, Aguilar-manjarrez J, Bannayan M, Hampson KJ, (2001). Assessing the potential of an underutilized crop – A case study using bambara groundnut. Experimental Agriculture, 37: 433-472.
- Baudoin JP, (2001). Contribution des ressources phytogénétiques à la sélection variétale de

- légumineuses alimentaires tropicales. Biotechnologie, Agronomie Société et Environnement 5 (4) : 221-230.
- Brink M, (1998). Matching crops and environments: quantifying photothermal influences on reproductive development in bambara groundnut (*Vigna subterranea* (L.) Verdc.). PhD Thesis, Wageningen Agricultural University, pp.161.
- Brink M, (1999). Development, growth and dry matter partitioning in bambara groundnut (*Vigna subterranea*) as influenced by photoperiod and shading. Journal of Agricultural Science, 133: 159-166
- Collinson ST, Azam-Ali, SN, Chavula KM, Hodson DA, (1996). Growth, development and yield of bambara groundnut (*Vigna subterranea*) in response to soil moisture. Journal of Agricultural Science, 126: 307-318
- Dagnelie P, (1986). Théorie et méthodes statistiques, Gembloux (Belgique), tome 2, 463 p.
- 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.
- Doku EV, Karikari SK, (1971). Bambara Groundnut. Economic Botany, 25: 357-369.
- Goli AE, (1997). Bibliographical review. In Heller J., Begemann and Mushonga, J.(editors). Promoting of the conservation and use of underutilized and neglected crops. Proceedings of the workshop on conservation and improvement of bambara groundnut (*Vigna subterranea* (L.) Verdc.), 14-16 November 1995, Harare, Zimbabwe, p. 4-10.
- Goli AE, Begemann E, Ng NQ, (1997). Characterization and evaluation of IITA's bambara groundnut collection. In Heller J., Begemann, Mushonga J.(editors). Promoting of the conservation and use of underutilized and neglected crops. 9. Proceedings of the workshop on conservation and improvement of bambara groundnut (*Vigna subterranea* (L.) Verdc.), 14-16 November 1995, Harare, Zimbabwe, p. 4-10.
- Harris D, Azam-Ali SN, (1993). Implications of day length sensitivity in bambara groundnut (*Vigna subterranea*) for production in Botswana. *Agricultural Science* 120 : 75-78.
- IPGRI, IITA, BAMNET, (2000). Descripteur du pois bambara (*Vigna subterranea*). Institut international des ressources phytogénétiques, Rome, Italie; Institut International d'Agriculture Tropicale, Ibadan, Nigeria ; Réseau International de pois bambara, Allemagne. 48 p.
- Koffi KK, Gbotto AH, Malice M, Djè Y, Bertin P, Baudoin JP, Zoro Bi IA, (2008). Morphological and allozyme variation in a collection of *Cucumeropsis mannii* Naudin from Côte d'Ivoire. Biochemical Systematics and Ecology 36: 777-789
- Linnemann AR, Azam-Ali S, (1993). Bambara groundnut (*Vigna subterranea*). In: Williams, J. T. (Editor). Pulses and vegetables. Chapman and Hall, London. p. 13-58.
- Linnemann AR. (1994). Phenological development in bambara groundnut (*Vigna subterranea*) at alternate exposure to 12 and 14 h photoperiod. Journal of Agricultural Science, 123: 333-340.
- Linnemann AR, Craufurd PQ, (1994). Effects of temperature and photoperiod on phenological development in three genotypes of bambara groundnut (*Vigna subterranea*). Annals of Botany, 74: 675-681.
- Linnemann AR, Westphal M, Wessel E, (1995). Photoperiod regulation of development and growth in bambara groundnut (*Vigna subterranea*). Field Crops Research, 40: 39-47.
- Massawe FJ, Dickinson M, Roberts JA, Azam-ali SN (2002). Genetic diversity in bambara groundnut (*Vigna subterranea* (L.) Verdc.) landraces revealed by AFLP markers. Genome 45: 1175-1180.
- Minka SR, Bruneteau M, (2000). Partial chemical composition of bambara pea (*Vigna subterranea* (L.) Verdc.). Food Chemistry, 68: 273-276.
- Mohammadi SA, Prasanna BM, (2003). Analysis of genetic diversity in crop plants-Salient statistical tools and consideration. Crop Science, 43: 1235-1248.
- Nacoulma-Ouédraogo OG (1996). Plantes médicinales et pratiques médicales traditionnelles au Burkina-Faso : cas du plateau central, Thèse de Doctorat es Sciences naturelles, Université de Ouagadougou, Ouagadougou, Burkina-Faso.

- Ntundu WH, Bach IC, Christiansen JL, Andersen SB, (2004). Analysis of genetic diversity in bambara groundnut (*Vigna subterranea* (L.) Verdc.) landraces using (AFLP) markers. African Journal of Biotechnology, 3 (4): 220-225.
- Ntundu WH, Shillah SA, Marandu WYF, Christiansen JL, (2006). Morphological diversity of bambara groundnut (*Vigna subterranea* (L.) Verdc.) landraces in Tanzania. Genetic Resources and Crop Evolution, 53: 367-378.
- Ofori K, Kumaga FK, Tonyigah A, (2006). Morphological characterization and agronomic evaluation of bambara groundnut (*Vigna subterranea* (L.) Verdc.) germplasm in Ghana. Plant Genetic Resources Newsletter, 145: 23-28.
- Ouédraogo M, Ouédraogo JT, Tignéré JB, Balma D, Dabiré CB, Konaté G, (2008). Characterization and evaluations of accessions of bambara groundnut (*Vigna subterranea* (L.) Verdcourt) from Burkina Faso. Sciences et Nature 5 (2): 191-197
- Palm R, (1996). La classification numérique : principes et application. Notes de Statistique et d'Information. (Gembloux) 96/1, 28 p.
- Robert T, Luxereau A, Mariac C, Ali K, Allinne C, Bani J, Beidari Y, Bezançon G, Gayeux S,
- Couturon E, Dedieu V, Sadou M, Seydou M, Seyni O, Tidjani M, Sarr A, (2004). Gestion de la diversité en milieu paysan : influence de facteurs anthropiques et des flux de gènes sur la variabilité génétique des formes cultivées et spontanées du mil (*Pennisetum glaucum* ssp. *glaucum*) dans deux localités du Niger, Actes du 4<sup>e</sup> colloque national. Le patrimoine génétique : la diversité et la ressource. La Châtre, 14-16 octobre 2002. Bureau des ressources génétiques 2004.
- Robert T, Mariac C, Allinne C, Ali K, Beidari Y, Bezançon G, Couturon E, Moussa D, Sasou MS, Seydou M, Seyni O, Tidjani M, Luxereau A, (2005). Gestion des semences et dynamiques des introgressions entre variétés cultivées et entre formes domestiques et spontanées des mils (*Pennisetum glaucum* ssp. *glaucum*) au Sud-Niger. Les Actes du BRG, 5<sup>e</sup> colloque national. Un dialogue pour la diversité. Lyon, 3-4-5 novembre 2004.
- Sadiki M, Jarvis D, (2005). Conservation *in situ* de la diversité génétique des cultures par sa gestion à la ferme dans les agroécosystèmes marocains. Les Actes du BRG, 5: 445-464.
- Statistica, (2005). Statistica for windows, version 7.1 Statsoft.

**Tableau 3:** Matrice de corrélation entre 23 caractères morphologiques analysés chez 101 accessions de voandzou (*Vigna subterranea* (L.) Verdc.) de Côte d'Ivoire.

|            | TEm   | TFI         | LPf         | LBa  | NFe         | LEn         | LPt         | LFo         | IFo  | NNd          | NBr         | NTg  | HaP | EvP  | TMa  | NGs         | LGs  | IGs         | LGr         | IGr         | PCs         | PdG         | HCb         | HCs         | HCr  |
|------------|-------|-------------|-------------|------|-------------|-------------|-------------|-------------|------|--------------|-------------|------|-----|------|------|-------------|------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------|
| <b>TEm</b> |       |             |             |      |             |             |             |             |      |              |             |      |     |      |      |             |      |             |             |             |             |             |             |             |      |
| <b>TFI</b> | 0,48  |             |             |      |             |             |             |             |      |              |             |      |     |      |      |             |      |             |             |             |             |             |             |             |      |
| <b>LPf</b> | 0,47  | <b>0,86</b> |             |      |             |             |             |             |      |              |             |      |     |      |      |             |      |             |             |             |             |             |             |             |      |
| <b>LBa</b> | 0,06  | 0,06        | 0,21        |      |             |             |             |             |      |              |             |      |     |      |      |             |      |             |             |             |             |             |             |             |      |
| <b>NFe</b> | 0,45  | <b>0,92</b> | <b>0,88</b> | 0,11 |             |             |             |             |      |              |             |      |     |      |      |             |      |             |             |             |             |             |             |             |      |
| <b>LEn</b> | 0,48  | <b>0,94</b> | <b>0,91</b> | 0,12 | 0,92        |             |             |             |      |              |             |      |     |      |      |             |      |             |             |             |             |             |             |             |      |
| <b>LPt</b> | -0,35 | -           | -           | -    | -           | -           | -           | -           | -    |              |             |      |     |      |      |             |      |             |             |             |             |             |             |             |      |
|            |       | 0,60        | 0,53        | 0,01 | <b>0,84</b> | 0,59        |             |             |      |              |             |      |     |      |      |             |      |             |             |             |             |             |             |             |      |
| <b>LFo</b> | 0,17  | 0,10        | 0,16        | 0,11 | 0,05        | 0,17        | 0,51        |             |      |              |             |      |     |      |      |             |      |             |             |             |             |             |             |             |      |
| <b>IFo</b> | 0,11  | 0,14        | 0,22        | -    | 0,09        | 0,24        | 0,44        | 0,85        |      |              |             |      |     |      |      |             |      |             |             |             |             |             |             |             |      |
|            |       |             |             | 0,00 |             |             |             |             |      |              |             |      |     |      |      |             |      |             |             |             |             |             |             |             |      |
| <b>NNd</b> | 0,44  | <b>0,86</b> | <b>0,77</b> | 0,03 | <b>0,84</b> | <b>0,82</b> | -0,40       | 0,24        | 0,27 |              |             |      |     |      |      |             |      |             |             |             |             |             |             |             |      |
| <b>NBr</b> | 0,47  | <b>0,84</b> | <b>0,74</b> | 0,01 | <b>0,79</b> | <b>0,79</b> | -0,38       | 0,24        | 0,25 | <b>0,97</b>  |             |      |     |      |      |             |      |             |             |             |             |             |             |             |      |
| <b>NTg</b> | -0,32 | -           | -           | 0,03 | -           | -           | 0,48        | 0,06        | -    | <b>-0,71</b> | -           |      |     |      |      |             |      |             |             |             |             |             |             |             |      |
|            |       | <b>0,77</b> | 0,65        |      | <b>0,70</b> | <b>0,71</b> |             |             |      | 0,05         | 0,68        |      |     |      |      |             |      |             |             |             |             |             |             |             |      |
| <b>HaP</b> | -0,25 | -           | -           | -    | -           | -           | <b>0,80</b> | <b>0,74</b> | 0,68 | -0,13        | -           | 0,36 |     |      |      |             |      |             |             |             |             |             |             |             |      |
|            |       | 0,35        | 0,27        | 0,04 | 0,41        | 0,32        |             |             |      | 0,11         |             |      |     |      |      |             |      |             |             |             |             |             |             |             |      |
| <b>EvP</b> | 0,50  | <b>0,91</b> | <b>0,93</b> | 0,12 | <b>0,94</b> | <b>0,95</b> | -0,53       | 0,20        | 0,25 | <b>0,87</b>  | <b>0,83</b> | -    | -   | 0,69 | 0,25 | -           | -    | <b>0,90</b> |             |             |             |             |             |             |      |
|            |       |             |             |      |             |             |             |             |      |              |             |      |     |      |      | <b>0,72</b> | 0,15 |             |             |             |             |             |             |             |      |
| <b>TMa</b> | 0,49  | <b>0,92</b> | <b>0,82</b> | 0,08 | <b>0,86</b> | <b>0,90</b> | -0,41       | 0,34        | 0,35 | <b>0,80</b>  | <b>0,88</b> | -    | -   | -    | -    | -           | -    | <b>0,88</b> | <b>0,76</b> |             |             |             |             |             |      |
| <b>NGs</b> | 0,37  | <b>0,73</b> | <b>0,84</b> | 0,16 | <b>0,84</b> | <b>0,78</b> | -0,39       | 0,19        | 0,27 | <b>0,77</b>  | <b>0,72</b> | -    | -   | 0,52 | 0,17 | -           | -    | -           | -           |             |             |             |             |             |      |
| <b>LGs</b> | 0,29  | 0,22        | 0,35        | 0,17 | 0,23        | 0,29        | 0,07        | 0,57        | 0,56 | 0,18         | 0,16        | -    | -   | 0,02 | 0,31 | 0,31        | 0,31 | 0,32        | -           | -           |             |             |             |             |      |
| <b>IGs</b> | 0,40  | 0,43        | 0,55        | 0,20 | 0,44        | 0,51        | -           | 0,51        | 0,53 | 0,34         | 0,33        | -    | -   | 0,20 | 0,15 | 0,52        | 0,17 | 0,49        | 0,47        | <b>0,87</b> |             |             |             |             |      |
|            |       |             |             |      |             |             | 0,10        | -           | -    | -            | -           |      |     | 0,19 | -    | 0,31        | 0,31 | 0,39        | 0,86        | <b>0,78</b> |             |             |             |             |      |
| <b>LGr</b> | 0,31  | 0,42        | 0,48        | 0,14 | 0,41        | 0,47        | -0,16       | 0,38        | 0,43 | 0,34         | 0,28        | -    | -   | 0,16 | 0,10 | 0,46        | 0,44 | 0,39        | 0,86        | <b>0,78</b> |             |             |             |             |      |
| <b>IGr</b> | 0,34  | 0,43        | 0,55        | 0,15 | 0,42        | 0,51        | -0,12       | 0,40        | 0,44 | 0,37         | 0,35        | -    | -   | 0,19 | 0,13 | 0,51        | 0,49 | 0,44        | 0,77        | <b>0,85</b> | <b>0,84</b> |             |             |             |      |
| <b>PCs</b> | 0,35  | 0,45        | 0,48        | 0,19 | 0,43        | 0,49        | 0,01        | 0,51        | 0,54 | 0,43         | 0,43        | -    | -   | 0,25 | -    | 0,16        | 0,49 | 0,55        | 0,44        | 0,60        | <b>0,73</b> | 0,53        | 0,53        | -           |      |
| <b>PdG</b> | -0,48 | 0,64        | 0,74        | 0,19 | 0,65        | <b>0,71</b> | -0,32       | 0,34        | 0,39 | 0,55         | 0,50        | -    | -   | 0,41 | 0,04 | -           | -    | <b>0,73</b> | 0,65        | 0,65        | 0,66        | <b>0,80</b> | <b>0,77</b> | <b>0,85</b> | 0,49 |

**Tableau 6:** Typologie relative aux 4 groupes de diversité phénotypique obtenus à partir de la classification hiérarchique suivant la méthode de Ward, pour tous les caractères analysés.

| Caractères <sup>1</sup> | Ensemble I                 |              |                   | Ensemble II         |                   |       | Statistiques      |       |        |
|-------------------------|----------------------------|--------------|-------------------|---------------------|-------------------|-------|-------------------|-------|--------|
|                         | Groupe 1                   | Groupe 2     | Groupe 3          | Groupe 4            |                   |       |                   |       |        |
| CFo                     | Vert                       | Vert foncé   | Vert jaunâtre     | Vert                |                   |       |                   |       |        |
| FFo                     | Ronde, Ovale, Elliptique   | Lancéolé     | Ovale             | Elliptique, Ovale   |                   |       |                   |       |        |
| RFo                     | Souple                     | Souple       | Coriace           | Souple              |                   |       |                   |       |        |
| FGs                     | b; d                       | c            | a                 | a                   |                   |       |                   |       |        |
| TGs                     | Nombreux rainures, Rugueux | Lisse        | Peu de rainure    | NOMBREUSES rainures |                   |       |                   |       |        |
| DCs                     | Moyenne                    | Faible       | Moyenne à élevée  | Elevée              |                   |       |                   |       |        |
| HaC                     | Type bouquet               | Type bouquet | Type semi bouquet | Type rampant        |                   |       |                   |       |        |
|                         | Moyennes ± ET              | cv(%)        | Moyennes ± ET     | cv(%)               | Moyennes ± ET     | cv(%) | Moyennes ± ET     | cv(%) | F      |
| TEm (j)                 | 7,29 ± 0,79 b              | 10,95        | 7,2 ± 0,53 b      | 7,48                | 7,94 ± 0,57 ab    | 7,27  | 8,37 ± 0,86 a     | 10,33 | 13,44  |
| TFI (j)                 | 50,28 ± 5,87 c             | 11,68        | 39,48 ± 2,19 d    | 5,55                | 56,2 ± 12,93 b    | 23,00 | 80,97 ± 5,56 a    | 6,86  | 230,44 |
| LPf (mm)                | 12,90 ± 1,90 b             | 14,73        | 10,13 ± 1,83 c    | 18,14               | 15,39 ± 5,09 b    | 33,12 | 24,28 ± 3,67 a    | 15,11 | 103,88 |
| LBa (mm)                | 8,87 ± 0,43                | 4,87         | 9,1 ± 0,50        | 5,55                | 8,84 ± 0,47       | 5,38  | 9,17 ± 1,26       | 13,72 | 0,647  |
| NFe                     | 159,83 ± 22,37 bc          | 13,99        | 82,83 ± 19,43 c   | 23,46               | 204,85 ± 121,82 b | 59,49 | 672,27 ± 145,84 a | 21,69 | 162,71 |
| LEn (mm)                | 16,21 ± 4,27 c             | 26,38        | 11,76 ± 1,52 d    | 13,00               | 26,95 ± 5,60 b    | 20,78 | 43,49 ± 4,35 a    | 10,00 | 332,29 |
| LPt (mm)                | 159,95 ± 18,10 a           | 11,31        | 119,03 ± 14,69 b  | 12,34               | 163,45 ± 8,92 a   | 5,46  | 114,77 ± 12,90 b  | 11,24 | 74,00  |
| LFo (mm)                | 87,88 ± 4,76 b             | 5,42         | 72,58 ± 4,51 c    | 6,22                | 99,05 ± 3,63 a    | 3,66  | 86,27 ± 4,87 b    | 5,64  | 42,82  |
| IFo (mm)                | 31,49 ± 3,65 b             | 11,59        | 23,79 ± 1,75 c    | 7,39                | 39,27 ± 1,68 a    | 4,30  | 31,18 ± 2,13 b    | 6,86  | 48,07  |
| NNd                     | 12,44 ± 1,82 b             | 14,61        | 7,96 ± 1,70 c     | 21,38               | 12,70 ± 2,65 b    | 20,92 | 17,57 ± 1,84 a    | 10,48 | 97,61  |
| NBr                     | 6,61 ± 1,47 b              | 22,34        | 3,26 ± 1,40 c     | 42,88               | 6,91 ± 2,33 b     | 33,70 | 10,16 ± 1,30 a    | 12,84 | 83,00  |
| NTg                     | 9,74 ± 0,95 a              | 9,79         | 10,12 ± 0,75 a    | 7,43                | 9,31 ± 0,80 a     | 8,63  | 7,97 ± 0,86 b     | 10,79 | 35,07  |
| HaP (cm)                | 27,06 ± 1,73 b             | 6,40         | 19,96 ± 2,48 d    | 1,24                | 29,43 ± 2,00 a    | 6,80  | 22,94 ± 1,85 c    | 8,07  | 61,42  |
| EvP (cm)                | 62,68 ± 8,05 c             | 12,85        | 44,25 ± 5,94 d    | 13,42               | 79,68 ± 18,42 b   | 23,12 | 124,37 ± 14,79 a  | 11,89 | 197,81 |
| TMa (j)                 | 140,99 ± 14,38 c           | 10,20        | 98,59 ± 11,99 d   | 12,17               | 156,17 ± 16,59 b  | 10,62 | 186,14 ± 7,33 a   | 3,94  | 237,70 |
| NGs                     | 70,69 ± 17,57 b            | 24,85        | 41,26 ± 10,62 c   | 25,75               | 81,64 ± 27,67 b   | 33,89 | 145,67 ± 44,28 a  | 30,39 | 41,43  |
| LGs (mm)                | 19,26 ± 1,64 b             | 8,55         | 16,78 ± 1,45 c    | 8,65                | 20,79 ± 0,51 a    | 2,50  | 19,45 ± 1,10 b    | 5,65  | 15,17  |
| IGs (mm)                | 13,93 ± 0,88 c             | 6,34         | 12,32 ± 1,17 d    | 9,55                | 15,55 ± 0,99 a    | 6,36  | 14,83 ± 0,85 b    | 5,79  | 26,35  |
| LGr (mm)                | 12,84 ± 1,18 a             | 9,22         | 11,64 ± 0,98 b    | 8,46                | 13,43 ± 0,44 a    | 3,31  | 13,38 ± 0,57 a    | 4,32  | 13,29  |
| IGr (mm)                | 10,39 ± 0,73 b             | 7,10         | 9,54 ± 0,74 c     | 7,80                | 10,96 ± 0,36 a    | 3,34  | 10,88 ± 0,46 a    | 4,25  | 17,05  |
| PCs (%)                 | 32,92 ± 3,38 c             | 10,27        | 25,78 ± 4,63 d    | 17,99               | 38,97 ± 4,87 a    | 12,51 | 35,82 ± 2,96 b    | 10,09 | 28,82  |
| PdG (g)                 | 67,87 ± 10,63 b            | 15,67        | 59,13 ± 11,12 c   | 18,80               | 83,40 ± 10,87 a   | 13,04 | 87,20 ± 10,09 a   | 11,57 | 33,62  |

Pour chaque caractère, les valeurs portant les mêmes lettres ne sont pas statistiquement différent (Test de Newman et Keuls); a: arrondie à la base sans une pointe au sommet; b: arrondie à la base avec une pointe au sommet; c arrondie à la base avec une pointe crochue au sommet; d: arrondie à la base et allongée avec une pointe au sommet;