



UNIVERSITE NAZI BONI (UNB)

Année académique 2022-2023

BURKINA FASO
Unité-Progrès-Justice

N° :



**UNITE DE FORMATION ET DE
RECHERCHE EN SCIENCES DE LA
VIE ET DE LA TERRE (UFR-SVT)**

**Evaluation de la diversité du *Vigna subterranea* (L.)
Verdcourt. (voandzou) cultivé au Burkina Faso.**

Mémoire de fin de cycle

Présenté le 26/08/2024

en vue de l'obtention du diplôme de Master en

Sciences Biologiques Appliquées

Option : Biodiversité Végétale Tropicale

Par

TRAORE Adama

Co-directeur de Mémoire

Dr Boukaré KABORE, *Chargé de
Recherche en Génétique et Amélioration
des Plantes, CNRST/INERA, Farako-Bâ*

Directeur de Mémoire

Pr Paulin OUOBA, *Professeur
Titulaire en Biologie et Ecologie
Végétales, Université Nazi Boni*

JURY

PRESIDENTE :	Dr Saran TRAORE	<i>Maître de Conférences, Université Nazi BONI</i>
MEMBRES :	Dr T. Jérôme YAMEOGO	<i>Maître de Conférences, Université Nazi BONI</i>
	Dr Boukaré KABORE	<i>Chargé de Recherche, CNRST/INERA, Farako-Bâ</i>

DEDICACE

A

mes

chers parents,

Monsieur Lassina TRAORE

et Madame Maminata TRAORE

REMERCIEMENTS

Le présent document est le résultat d'un stage de six mois qui s'est déroulé au sein de la station de Recherches de Farako-Bâ, de la Direction Régionale Ouest de l'Institut de l'Environnement et de recherches Agricoles (INERA), située sur l'axe Bobo-Dioulasso Banfora. Plus qu'une formalité, ces remerciements constituent pour nous un acte de profonde reconnaissance à l'endroit de tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'aboutissement de ce travail. Particulièrement, nous tenons tout d'abord à manifester toute notre profonde gratitude :

- **au Pr Paulin OUOBA**, Professeur Titulaire en Biologie et Ecologie Végétale à l'Université Nazi BONI, coordonnateur du Master Biodiversité Végétale Tropicale. Il n'a ménagé aucun effort pour la réussite de notre formation, malgré son calendrier chargé, il a accordé de l'importance à notre travail en tant que directeur de mémoire. Nous lui disons encore merci pour son encadrement scientifique, ses critiques, ses conseils pour la qualité scientifique de ce mémoire ;
- **au Dr Boukaré KABORE**, Chargé de recherche au CNRST/INERA Farako-Bâ, notre maître de stage et co-directeur de mémoire, nous tenons à lui exprimer nos sincères remerciements pour son encadrement scientifique bénéficié, son accompagnement, ses critiques, ses conseils et surtout ses encouragements. Nous lui sommes très reconnaissants pour sa simplicité, sa disponibilité et son humanisme. Une fois de plus, merci Docteur ;
- **au Dr S. Omer HEMA**, Directeur de la Direction Régionale de Recherches Environnementales et Agricoles de l'Ouest (DRREA-Ouest) pour nous avoir accueillis au sein de sa structure pour notre stage de fin de cycle ;
- **au Dr Éric SOMBIE**, Maître de Recherche à l'INERA/ Farako-Bâ et Coordonnateur du Centre Régional d'Excellence en Fruits et Légumes (CRE-FL), pour nous avoir reçus au sein de son département pour ce stage ;
- **à M. Cheick Omar TRAORE**, Ingénieur de recherche à l'INERA/ Farako-Bâ, section Sélection Variétale pour son implication dans le travail, ses conseils et encouragements ;
- **au Pr Nerbéwendé SAWADOGO**, Professeur Titulaire en Génétique et Amélioration des Plantes à l'Université Joseph KI-ZERBO, pour l'importance accordée à ce travail, ses conseils et encouragements ;
- **au Dr Saran TRAORE**, Maître de Conférences en Biologie et Ecologie Végétale à l'Université Nazi BONI pour l'intérêt accordée à notre travail en présidant le jury ;

- **au Dr T. Jérôme YAMEOGO**, Maître de Conférences en Agroforesterie et Ecologie à l'Université Nazi BONI, qui malgré son calendrier chargé n'a pas trouvé d'inconvénient à faire partir du jury en qualité d'examineur ;
- **à M. Aboubacar SOULAMA**, doctorant en Génétique et Amélioration des Plantes pour son sens élevé d'entraide, ses suggestions, corrections et accompagnement tout au long du travail ;
- **aux mesdemoiselles S. Rafiatou FOFANA, Rébecca A. A. AMABA et Clémence ZERBO** toutes doctorantes pour leurs contributions à l'élaboration de ce mémoire ;
- **au Dr Amadou TAMBOURA**, Maître Assistant en sciences de l'éducation à l'Ecole Nationale Supérieure de Koudougou, pour ses conseils, suggestions et encouragements ;
- **à M. Salia TRAORE**, Ouvrier agricole et son équipe qui ont été au four et au moulin de toutes les activités champêtres au cours de notre essai. Merci infiniment pour ce travail abattu ;
- **à M. Tahirou TRAORE**, déclarant en douane, nous n'aurions terminé sans lui dire un grand merci à cet homme à cœur blanc pour ses soutiens multiformes, conseils et encouragements.
- **à nos camarades stagiaires**, pour leur sympathie, leur esprit d'ouverture et leur collaboration ;
- **à tous nos camarades de classe et de promotion 2021-2023** qui ont su garder un esprit d'équipe et de famille, un grand merci à vous ;
- **à nos chers parents** qui ont cru en nous en nous inscrivant à l'école pour leur amour et soutien inconditionnels et indéfectibles, longue vie utile à vous !
- **à toutes les personnes** (parents, amis et connaissant) de près ou de loin qui ont contribué à la réalisation de ce travail, soyez-en remerciés ;

Enfin, nous remercions le personnel de la **DGCOB** pour la bourse nationale qui nous a été offerte pour la formation et aussi le personnel du projet **SUSTLIVES** de l'apport financier pour la réalisation de nos activités de terrain pendant le stage. En effet SUSTLIVES est un projet visant à Soutenir et à valoriser le patrimoine de cultures locales au Burkina Faso et au Niger pour l'amélioration des conditions de vie et des écosystèmes (<https://www.sustlives.eu>). Il est de l'initiative DeSIRA (Development Smart Innovation through Research in Agriculture) et est financé par l'Union européenne (accord de contribution FOOD/2021/422-681).

Table des matières

Liste des tableaux	vi
Liste des figures	vi
Liste des annexes.....	vi
Sigles et abréviations.....	vii
RESUME.....	viii
ABSTRACT	ix
INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE 1 : Généralités sur <i>Vigna subterranea</i>	3
1.1. Taxonomie	3
1.2. Origine géographique et dispersion	3
1.3. Ecologie	4
1.4. Description botanique.....	5
1.4.1. Appareil végétatif.....	5
1.4.2. Appareil reproducteur et cycle	6
1.5. Pratique culturale	8
1.6. Rôles du voandzou.....	9
1.6.1. Importance agronomique et écologique du voandzou	9
1.6.2. Rôle alimentaire et valeur nutritionnelle du voandzou	9
1.6.3. Rôle économique	11
1.6.4. Rôle médicinal	12
1.7. Diversité.....	12
1.8. Mode de conservation du voandzou	14
1.9. Contraintes à la production du voandzou	15
1.9.1. Contraintes techniques	15
1.9.2. Contraintes environnementales	15
1.9.3. Contraintes institutionnelles.....	15
1.9.4. Contraintes biotiques.....	16
1.9.5. Contraintes abiotiques.....	17
CHAPITRE 2 : Matériel et méthodes.....	18
2.1. Présentation du site expérimental	18
2.1.1. Situation géographique	18
2.1.2. Caractérisation biophysique.....	18

2.2. Matériel végétal	20
2.3. Méthodologie.....	21
2.3.1. Conduite de l'essai.....	21
2.3.2. Semis, fertilisation et entretien de l'essai	21
2.3.3. Collecte des données.....	22
2.4. Analyse des données.....	23
CHAPITRE 3 : Résultats et discussion	25
3.1. Résultats.....	25
3.1.1. Analyse de la diversité de la collection étudiée	25
3.1.2. Structuration de la diversité agro-morphologique du voandzou.....	28
3.2. DISCUSSION.....	32
CONCLUSION	40
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	41

Liste des tableaux

Tableau I: Classification du <i>Vigna subterranea</i>	3
Tableau II: Composition nutritionnelle de 100g de <i>Vigna subterranea</i> (voandzou)	10
Tableau III: Origine et nombre des accessions utilisées.	20
Tableau IV: Liste des caractères quantitatifs étudiés	23
Tableau V: Résultats de l'analyse des données qualitatives.	26
Tableau VI: Performances des accessions et résultats de l'ANOVA.	28
Tableau VII: La matrice de corrélation	29
Tableau VIII: Relation entre les caractères quantitatifs et les facteurs (F) de l'ACP.....	30
Tableau IX: Performances des groupes issus de la CAH du voandzou.	32

Liste des figures

Figure 1: répartition de l'arachide bambara (<i>Vigna subterranea</i> (L.) verdc.) en afrique	4
Figure 2: plante de voandzou	6
Figure 3: gousses du <i>V. subterranea</i>	8
Figure 4: principaux producteurs mondiaux du pois de terre en 2012.....	12
Figure 5: groupes de morphotypes de <i>V. subterranea</i> identifiés.....	14
Figure 6: situation géographique de zone d'étude	18
Figure 7: pluviométrie pour la campagne 2023-2024 de station de farako-bâ.....	19
Figure 8: pluviométrie sur la station de l'inera/farako-bâ sur de 2013 à 2022.	19
Figure 9: dispositif expérimental.....	21
Figure 10: variations de l'humidité et de la température de juillet à novembre 2023.....	21
Figure 11: mesure de quelques paramètres quantitatifs.	23
Figure 12: diversité de formes observée au niveau de la gousse mature	27
Figure 13: diversité de couleurs observée au niveau de la graine de la collection du voandzou étudiée.	27
Figure 14: présence ou absence d'œil et aspects de l'œil.....	27
Figure 15: dendrogramme de la CAH de 88 accessions de voandzou selon la méthode de neighbour joining.	31

Liste des annexes

Annexe 1: Liste des accessions et leur origine.....	I
Annexe 2: Fiche d'observation des caractères de Voandzou.....	IV

Sigles et abréviations

ACM :	Analyse des Correspondances multiples
ACP :	Analyse en Composantes Principales
AFD :	Analyse Factorielle Discriminante
ANOVA :	Analyse de Variance
CAH :	Classification Ascendante Hiérarchique
CNRST :	Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique
CRE-FL :	Centre Régional d'Excellence en Fruits et Légumes
DeSIRA:	Development Smart Innovation through Research in Agriculture
DGCOB :	Direction Générale du Conseil à l'Orientation universitaire et des Bourses
DGPV :	Direction Générale de la Production Végétale
FAO :	Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture
HORTIGEN :	Horticulture et génétique
INERA :	Institut de l'Environnement et des Recherches Agricoles
IPGRI :	Institut international des ressources phylogénétiques
JAS :	Jours Après Semis
MARAH :	Ministère de l'Agriculture des Ressources Animales et Halieutiques
MESRSI :	Ministère de l'Enseignement Supérieur, de la Recherche Scientifique et de l'Innovation
NUS :	Neglected and Underutilised Species (espèces négligées et sous-utilisées)
Sustlives	SUSTaining and improvincial crop patrimony in Burkina Faso and Niger for better LIVES and EcoSystems

RESUME

L'agrobiodiversité du Burkina Faso est relativement en baisse depuis 2015 due à la sous-utilisation des espèces locales. *Vigna subterranea* communément appelé voandzou est la troisième légumineuse à graine produite au pays. C'est une plante rustique, exceptionnelle et originale pour ses diverses potentialités. Négligé même par la recherche, le pois bambara est inscrit sur la liste des espèces négligées et sous utilisées (NUS). L'objectif principal de cette étude est de contribuer à une meilleure connaissance de la diversité du voandzou pour sa valorisation. A cet effet, une expérimentation sur le voandzou a été réalisée à Farako-Bâ de juillet à novembre 2023. Le matériel végétal a été 88 accessions paysannes. Un dispositif en blocs de Fisher à trois répétitions a été réalisé. Au total, 22 caractères agro morphologiques dont 9 qualitatifs et 13 quantitatifs, ont été évalués. Le logiciel XLSTAT version 2016 a été utilisé pour le calcul des moyennes. Des analyses de variances (ANOVA) ainsi que celles multivariées (analyse en composantes principales (ACP) et la classification ascendante hiérarchisée (CAH)) ont été réalisées. Le test de Pearson au seuil de 5% a été utilisé pour le groupage des différentes accessions selon les variables soumises à l'analyse. Trois couleurs et 4 formes de la gousse ainsi que 7 couleurs et deux formes de la graine ont été observées. Les résultats obtenus ont montré une grande variabilité des caractères quantitatifs à travers l'analyse des variances (ANOVA). L'Analyse en Composante Principale (ACP) a révélé que 99,24% de la variabilité totale a été exprimée. Une répartition des accessions en 4 classes à partir des paramètres quantitatifs étudiés est issue de la Classification Ascendante Hiérarchisée (CAH). L'accession BENV3 (90 JAS) a eu un cycle court et le meilleur résultat pour la hauteur des plantes à la floraison (18,98 cm). Le diamètre du feuillage a varié de 18 à 43,43 cm. La production moyenne par pied de voandzou est de 10,28 gousses. Quant au poids des graines par parcelle élémentaire, l'accession ZMag6 (96,67 g) a la meilleur production graine. Ces résultats fournissent des informations de plus sur la variabilité du voandzou cultivé au Burkina Faso.

Mots clés : agrobiodiversité, voandzou, accession, espèces locales, Burkina Faso.

ABSTRACT

Burkina Faso's agrobiodiversity has been relatively declining since 2015 due to the underutilization of local species. *Vigna subterranea*, commonly known as voandzou, is the third seed legume produced in the country. It is a hardy, exceptional and original plant for its various potentialities. Neglected even by research, the Bambara pea is on the list of neglected and underutilized species (NUS). The main objective of this study is to contribute to a better knowledge of the diversity of the voandzou for its valorization. To this end, an experiment on the voandzou was carried out in Farako-Bâ from July to November 2023. Plant material was 88 farmer accessions. A three-repetition Fisher block device was performed. A total of 22 agromorphological traits, including 9 qualitative and 13 quantitative, were evaluated. The XLSTAT version 2016 software was used for the calculation of the averages. Analyses of variance (ANOVA) as well as multivariate analyses (principal component analysis (PCA) and hierarchical ascending classification (HAC)) were performed. The Pearson test at the 5% threshold was used for the grouping of the different accessions according to the variables submitted to the analysis. Three colors and 4 shapes of the pod as well as 7 colors and two shapes of the seed were observed. The results obtained showed a high variability of quantitative traits through the analysis of variances (ANOVA). The Principal Component Analysis (PCA) revealed that 99.24% of the total variability was expressed. A distribution of accessions into 4 classes based on the quantitative parameters studied is derived from the Hierarchical Ascending Classification (HAC). The BENV3 accession (90 JAS) had a short cycle and the best result for the height of the plants at flowering (18.98 cm). The diameter of the foliage varied from 18 to 43.43 cm. The average production per voandzou plant is 10.28 pods. As for the weight of seeds per elementary plot, the ZMag6 accession (96.67 g) has the best seed production. These results provide more information on the variability of voandzou grown in Burkina Faso.

Keywords: agrobiodiversity, voandzou, accession, local species, Burkina Faso.

INTRODUCTION

La biodiversité est la variété et la variabilité de tous les organismes vivants, elle inclut la variabilité génétique à l'intérieur des espèces, la variabilité des espèces et la diversité des écosystèmes auxquels elles font partie (Edward, 1988). Sa composante relative aux espèces cultivées (agrobiodiversité) est source de sécurité alimentaire. En effet, elle l'une des solutions pour booster la production agricole dans le monde. Cette diversité biologique est sous l'influence du changement climatique et des activités anthropiques (Trisos *et al.*, 2022). En outre, la sélection orientée vers les variétés d'intérêt conduit à la production d'un nombre limité de variétés ou d'espèces (Baa-Poku *et al.*, 2020), ce qui constitue un grand risque pour la biodiversité agricole selon la FAO (2018). En effet, l'indice de diversification agricole exprimant le niveau de diversité des spéculations est de plus en plus faible au Burkina Faso (MARA, 2020). Cela serait dû à la concentration de la production sur les variétés de maïs à haut rendement et de riz pluvial. De ce fait, l'agrobiodiversité du pays court le risque de restriction des choix des agriculteurs dans l'avenir. De plus, la sous-exploitation des variétés traditionnelles entraînerait une perte de biodiversité agricole et un déséquilibre des agrosystèmes (Bonnet *et al.*, 2024). Ainsi, la gestion durable de l'agrobiodiversité nécessite une attention particulière et reste une affaire pour tous. En effet, la FAO (2018) préconise une diversification des espèces cultivées qui renforce la résilience des systèmes de production face aux aléas climatiques.

Les espèces traditionnelles en général et en particulier les espèces sous-exploitées (NUS) parfois appelées « cultures orphelines », ont un très bon potentiel alimentaire et nutritionnel (Lagacé *et al.*, 2015). De plus, ces espèces s'adaptent mieux aux conditions pédoclimatiques locales par rapport aux espèces ou variétés exotiques (Lagacé *et al.*, 2015). *Vigna subterranea* (Voandzou) constitue l'une des espèces traditionnelles et des six (6) principales NUS identifiées au Burkina Faso par Sustlives (2023). Le voandzou est également l'une des espèces sous-utilisées dans la plupart des pays de la sous-région Ouest africaine (Dansi *et al.*, 2012). En outre, ses potentialités restent toujours méconnues par la recherche scientifique (Berchie *et al.*, 2012). Par contre, l'espèce est la troisième légumineuse en termes de production et de consommation après le niébé (*Vigna unguiculata* L. Walp.) et l'arachide (*Arachis hypogea* L.) en Afrique tropicale selon Touré *et al.* (2013) ; Bertrand *et al.* (2021). Sa production était estimée à 57208.53 tonnes en 2022 au Burkina Faso (FAOSTAT, 2022). Bien qu'ayant d'énormes potentialités (alimentaires, économiques, sanitaires, écologiques), la production du voandzou reste marginalisée car pratiquée majoritairement par des femmes sur de petites superficies.

Cette faible production du voandzou pourrait s'expliquer par la méconnaissance des potentielles nutritionnelles et alimentaires de l'espèce, l'existence d'un nombre limité de variétés performantes, les contraintes abiotiques et biotiques. Ainsi, pour une meilleure valorisation du voandzou, une prospection-collecte sous-régionale d'accessions a été faite par le projet Sustlives afin d'élargir sa base génétique et de promouvoir sa production au Burkina Faso. En effet, la connaissance de la diversité de *V. subterranea* s'avère nécessaire pour une utilisation judicieuse de la collection établie. C'est dans ce cadre que la présente étude a été initiée par le projet Sustlives en collaboration avec l'équipe HORTIGEN du CRE-FL basée à la station de l'INERA Faraba-Bâ autour du thème : « **Evaluation de la diversité du *Vigna subterranea* (L.) Verdcourt (voandzou) cultivé au Burkina Faso** ». Cette étude a eu pour objectif général de contribuer à approfondir les connaissances sur la diversité du voandzou cultivé au Burkina Faso. Spécifiquement, il s'est agi de (i) décrire la variabilité agromorphologique de la collection étudiée et (ii) identifier des accessions à bonnes performances agromorphologiques. Afin d'atteindre ces objectifs spécifiques, différentes hypothèses ont été formulées : (h1) les traits agromorphologiques varient selon les accessions et (h2) la production de graines diffère d'une accession à l'autre.

Le présent document est composé d'une introduction suivie de trois chapitres. Le premier chapitre fait mention des généralités sur le voandzou [*Vigna subterranea* (L.) Verdcourt]. Le second chapitre traite du matériel et méthodes utilisés. Le troisième chapitre aborde les résultats obtenus suivi de leur discussion assortie d'une conclusion et des perspectives.

CHAPITRE 1 : GENERALITES SUR LE VOANDZOU

1.1. Taxonomie

C'est au XVII^{ème} siècle que le voandzou aurait été mentionné pour la première fois dans la littérature par Marcgrav de Liebstad (1648) qui l'appela "*Mandubi d'Angola*". En 1763, Linnaeus l'a décrit et la nomma "*Glycine subterranea*". L'espèce a été trouvée au Madagascar sous le nom vernaculaire "voanjo" par Du Petit-Thouars en 1806. Il écrivit donc voandzeia en français et proposa comme nom scientifique "*Voandzeia subterranea* (L.) Thouars". Ce nom a été utilisé par les chercheurs pendant plus d'un siècle (Goli, 1997). Les travaux de Marechal (1978), ont montré qu'il existe une grande similitude entre le voandzou et le genre *Vigna* ce qui lui permet de le nommer « *Vigna subterranea* ». Ces travaux ont été confirmés par ceux de Verdcourt en 1920 définissant ainsi le nom scientifique de la plante "*Vigna subterranea* (L.) Verdcourt". La classification linnéenne du "*Vigna subterranea* (L.) Verdcourt"(voandzou) est la suivante (tableau I) :

Tableau I: Classification du *Vigna subterranea*.

Règne :	Végétal
Embranchement :	Spermaphytes
Sous-embranchement :	Angiospermes
Classe :	Magnoliopsida
Sous-classe :	Rosidea
Ordre :	Fabales
Superfamille :	Leguminoaseae
Famille :	Fabaceae
Sous-famille :	Faboideae
Genre :	<i>Vigna</i>
Espèce :	<i>Vigna subterranea</i> (L.) Verdcourt

1.2. Origine géographique et dispersion

Le voandzou ou pois bambara ou encore pois de terre, est une légumineuse alimentaire mineure d'origine africaine (Ouoba *et al.*, 2018 ; Mohammed, 2019). Le voandzou est le nom commun dérivé d'une tribu nommée Bambara, dont les membres vivent aujourd'hui principalement au Mali (Verdcourt, 1980) d'où son nom "bambara groundnut" (Begemann, 1988). Selon Dalziel (1935) et Brink *et al.* (2006), de son centre d'origine (Nord-Est du Nigeria et Nord du Cameroun), l'espèce s'est étendue à travers certaines régions de l'Afrique (figure 1).

A travers la traite des esclaves, le pois bambara a été introduit au Sud et Sud-Est de l'Asie, puis au Suriname et au Brésil (Hanelt, 2001). L'introduction de l'arachide en provenance des tropiques du "Nouveau Monde" lui a fait diminuer d'importance (Duteurtre, 2010). C'est ainsi qu'il occupe la troisième place après l'arachide (*Arachis hypogaeae* L.) et le niébé (*Vigna unguiculata* L. Walp.) en termes de production et de consommation de légumineuses les plus produites et consommées (Touré *et al.*, 2013 ; Bertrand W-B *et al.*, 2021). Cette légumineuse est principalement cultivée dans les régions tropicales au Sud du Sahara mais il est maintenant très cultivé à Madagascar. Les principaux pays producteurs sont le Nigéria, le Niger, le Mali, le Ghana, le Burkina Faso et la Côte d'Ivoire. En Asie, la culture est pratiquée en Inde, en Indonésie, en Malaisie, aux Philippines et en Australie dans la partie Nord (Touré, 2007). Au Burkina Faso, le voandzou est cultivé dans toutes les zones agro écologiques, de l'extrême nord la plus aride (Isohyète 300 mm) à l'extrême sud la plus humide (isohyète 1200 mm) (Ouédraogo *et al.*, 2012).

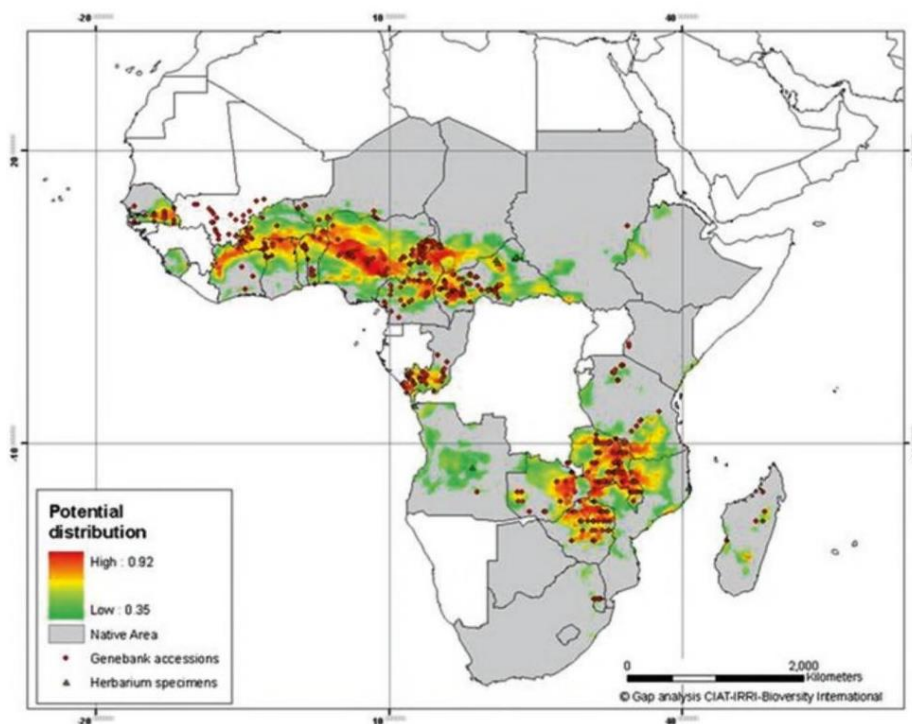


Figure 1: Répartition de l'arachide Bambara (*Vigna subterranea* (L.) Verdc.) en Afrique (CIAT-IRRI-Bioversity International) (Heller *et al.*, 1997).

1.3. Ecologie

Le pois bambara est une légumineuse rustique s'adaptant très bien aux conditions de culture rencontrées dans les régions de savane (Kambou *et al.*, 2020). La plante est cultivée depuis le

niveau de la mer jusqu'à une altitude de 1600 m (Goli, 1997). Un régime pluviométrique variant de 600 à 1500 mm et des températures moyennes diurnes allant de 20 à 28°C lui conviennent le mieux (Baudoin et Mergeai, 2001). Le voandzou s'est adapté à diverses conditions climatiques et écologiques des zones agro-écologiques de l'Afrique sub-saharienne (BAMNET, 2000 ; Madou *et al.*, 2018). Il pousse sur tout type de sol bien drainé, mais des limons sableux légers avec un pH de 5,0 - 6,5 sont les plus appropriés. Les sols riches en phosphore et en potassium sont favorables pour son développement tandis que ceux calcaires ne le sont pas. Des sols riches en azote favorisent la croissance végétative aux dépens du rendement en graines. Les sols sableux favorisent la pénétration des gousses dans le sol. La contrainte est que l'incidence des nématodes est en générale plus remarquable sur les sols sableux que sur les sols limoneux (Baudoin et Mergeai, 2001). Cependant, les différents génotypes de *Vigna subterranea* n'ont pas la même réaction à la température et à la photopériode. Pour la plupart, la floraison est insensible à la photopériode, alors que la formation des gousses est retardée par des photopériodes longues. Chez d'autres génotypes, la floraison ainsi que la formation des gousses sont retardées par des photopériodes longues. La sécheresse est également un facteur pouvant retarder la fructification du voandzou (Brink *et al.*, 2006). Le voandzou figure parmi les légumineuses cultivées les plus tolérantes à la sècheresse, à la salinité, et au sol infertile (Taffouo *et al.*, 2010).

1.4. Description botanique

1.4.1. Appareil végétatif

– Racine

Le pois de terre est une dicotylédone de la famille des Fabaceae (Touré, 2007). Il a un système racinaire pivotant constitué d'un axe principal (racine pivotante) et d'une touffe de racines secondaires (racines latérales) qui n'apparaît qu'à une certaine profondeur en dessous du niveau du sol. La fixation symbiotique de l'azote avec les bactéries fixatrices d'azote du genre *Rhizobium* a lieu au niveau des nodules formés par les racines latérales (Gueye *et al.*, 1988). Dans ces racines, la symbiose mycorhizienne et l'association avec les bactéries du genre *Rhizobium* sont indissociables. En effet, la plante n'aurait pas suffisamment de ressources pour faire circuler l'azote jusqu'aux nodules pour la transformation par les bactéries (Gianinazzi et Diem, 1982). Elle a besoin du support énergétique des mycorhizes qui lui apportent l'énergie nécessaire (ATP : molécule spécialisée riche en phosphore) au transport de l'azote d'où le terme méta symbiose (association entre la plante hôte et ses deux partenaires : bactérien et fongique).

Des racines adventives se développent le long des tiges rampantes (Goli, 1997 ; Baudoin et Mergeai, 2001).

– Tige

Plante annuelle et herbacée, le pois bambara a un port rampant, intermédiaire, dressé avec des tiges rampantes au niveau du sol (Figure 2). Il a une hauteur variant de 20 à 30cm (Djè *et al.*, 2005). Le voandzou est en général une plante groupée avec des feuilles provenant des tiges ramifiées qui forment une couronne sur la surface du sol (Goli, 1997). La ramification des tiges commence environ une semaine après la germination, et plusieurs (20) branches peuvent être produites (Goli, 1997). Heller *et al* en 1997 ont montré que les branches sont composées de nœuds et que ceux situés à la base sont plus courts que ceux plus éloignés. Les feuilles et les boutons floraux surgissent en alternance à chaque nœud (Temegne, 2018).

– Feuilles

Les feuilles sont pennées trifoliolées, glabres, alternes, à pétiole droit épaissi à la base (Goli, 1997) et des stipelles en forme d'écailles. Deux stipules soutiennent la foliole terminale alors que les folioles latérales ne possèdent chacune qu'une seule stipule (Goli, 1997 ; Baudoin et Mergeai, 2001). Un pulvinus marqué sert à la fixation des folioles ovales au rachis. La foliole terminale est plus grande que les folioles latérales, avec une longueur moyenne de 6 cm et une largeur moyenne de 3 cm (Goli., 1997).



Figure 2: Plante de voandzou (Bonny et Djè, 2011).

1.4.2. Appareil reproducteur et cycle

Vigna subterranea est une herbacée annuelle et autogame à germination hypogée. La multiplication par graines est la principale voie de reproduction du voandzou. Les plantules émergent entre 6 à 15 jours après semis (Djè *et al.*, 2005).

▪ Floraison et fleur

La floraison intervient entre 35 et 45 jours après semis. Après la fécondation, le pédoncule caractérisé par un géotropisme positif, s'allonge pour enfoncer le fruit dans le sol où il va se développer (Baudoin et Mergeai, 2001). Les fleurs sont typiquement papilionacées et peuvent être de couleur blanche, jaunâtre, bleuâtre, jaune ou rose rougeâtre. Ce sont des fleurs bisexuées et autogames (Cirad-Gret, 2002) portées par des pédoncules floraux flexueux et velus aux extrémités renflées. Les pédoncules se développent à l'aisselle des nœuds des tiges et portent chacun une à trois fleurs, généralement deux. Les pédoncules atteignent leur longueur maximale au début de la formation des gousses, mais leurs pédicelles atteignent les leurs au moment de la floraison (Goli., 1997). L'ouverture des fleurs successives dans un racème est séparée de 24 à 48 h et celle des fleurs sur le même pédoncule ne dépasse pas 24 h de temps, mais rarement elles s'ouvrent simultanément. Lorsque les fleurs s'ouvrent durant les premières heures du matin, elles sont blanches jaunâtres, mais vers le soir, les couleurs changent à travers diverses teintes de jaune au brun (Goli., 1997).

▪ **Fruit**

Selon Baudoin et Mergeai (2001) et Kadima (2006), la formation des gousses se fait pendant les 30 premiers jours après la fécondation. Quant aux graines, leur formation dure 10 jours commençant dès que la gousse atteint sa forme définitive. Il s'écoule une quarantaine de jours depuis la nouaison jusqu'à la maturité des gousses. Les fruits mûrs sont des gousses de forme sub-globuleuse, glabres et bivalves. Les gousses sont indéhiscentes et leurs parois peuvent être lisses ou légèrement fripées. Elles contiennent une à deux graines sub-globuleuses, très dures après séchage et de couleur très variable, bigarrée ayant un diamètre compris entre 8 mm et 14 mm. L'apparition des taches brunes à la surface des gousses et le jaunissement du feuillage sont quelques signes qui indiquent la maturité physiologique des gousses.

Selon les variétés, le cycle de culture varie de 3 à 9 mois au maximum (Karikari, 2000). Des travaux de Baudoin et Mergeai en 2001, le cycle végétatif du voandzou varie de 100 à 180 jours. Les variétés cultivées au Burkina Faso ont des cycles variant de 50 à 120 jours et les cultivars à 90 JAS sont dits à cycle intermédiaire (Ouoba *et al.*, 2016).



Figure 3: Gousses du *V. subterranea* (Brink et al., 2006).

1.5. Pratique culturale

Un bon ameublissement du sol facilite la pénétration des gousses au moment de la fructification et permet une amélioration du rendement. De nombreux producteurs cultivent le voandzou sur les lits de semence plat, mais certains le font sur les billons (Gbaguidi *et al.*, 2015 ; Ouoba *et al.*, 2016). La culture du voandzou se fait le plus souvent en mode de culture pure (91,9%) contre 8,1% d'association qui se fait le plus souvent avec l'arachide, quelquefois avec le mil, le maïs, le sorgho, le fonio, le coton, le gombo, le bissap, le niébé, le manioc et le sésame (Ouoba *et al.*, 2016). Etant une plante fixatrice d'azote atmosphérique, le *Vigna subterranea* peut être cultivé sans apport de fertilisants (80,1% des cas) selon Ouoba *et al.*, (2016). L'utilisation du fumier ou l'engrais chimiques n'est pas courant. Les statistiques de DGESS/MARAH (2022) ont montré que l'utilisation du NPK varie de 0kg/ha à 200 kg/ha. Des recherches au Botswana ont montré que dans les conditions courantes, l'apport d'engrais azoté n'est pas recommandé, alors qu'un apport de phosphore n'est bénéfique que s'il est fait près des plantules dans les 2 semaines suivant le semis et lorsque le sol est humide pendant cette période (Brink *et al.*, 2006). La rotation du voandzou avec les céréales est récurrente car celles-ci bénéficient de l'effet résiduel de l'azote. Pour assurer le développement optimum des plantes, les producteurs appliquent diverses techniques de production qui diffèrent principalement par le nombre d'opérations culturales effectuées dans la parcelle. Il varie de 4 à 5 à la différence du labour selon le chronogramme : labour-semis- sarclage- buttage- récolte (Ouoba *et al.*, 2016). Le semis se fait habituellement avec les graines mais toutefois, il peut s'effectuer avec les gousses non décortiquées. Hormis le semis qui se fait après celui des céréales, les autres opérations culturales sont exécutées en fonction de l'évolution des plants. Le buttage étant une pratique agricole qui consiste à amener le sol à la couronne des plants est réalisé le plus souvent à la floraison chez 41,18% des producteurs et après la floraison chez 33,09%. Il est avec le

mode de semis (semis à plat ou sur billons) des opérations culturales récurrentes (Ouoba *et al.*, 2016).

1.6. Rôles du voandzou

Le voandzou est une légumineuse annuelle, exceptionnelle et originale car toutes ses parties sont utilisées sous multiples formes :

1.6.1. Importance agronomique et écologique du voandzou

Vigna subterranea est présente dans les régions arides du continent africain. Cette adaptation serait due au fait qu'il s'adapte facilement aux conditions climatiques difficiles (Brink *et al.*, 2006), sa résistance au stress hydrique et à sa bonne capacité de fixation symbiotique de l'azote avec rendement élevé en graines (Djè *et al.*, 2005). C'est aussi une plante qui supporte les amplitudes thermiques élevées (16 à 35 °C) (Linnemann *et al.*, 1995). Quant à la fertilisation, les besoins en azote peuvent être couverts par la fixation de l'azote atmosphérique. Comme la plupart des légumineuses, le voandzou contient des nodules qui renferment des bactéries du genre rhizobium (Amadou *et al.*, 2018). L'association symbiotique de ces bactéries avec le voandzou permet de fixer l'azote atmosphérique (Gueye, 1989). La quantité maximale d'azote mobilisée par cette association est de 100 kg/ha (Baudoin et Mergeai, 2001). Au-delà de cette satisfaction des besoins en azote de la plante, cette fixation enrichit le sol pour les prochaines cultures et surtout réduit le coût de fertilisation pour le producteur. Bien que moins nodulant que le niébé, le haricot et l'arachide, il contribue aussi au maintien de la fertilité des sol (Hillocks *et al.*, 2012). Le voandzou est donc utilisé comme engrais vert.

1.6.2. Rôle alimentaire et valeur nutritionnelle du voandzou

– Alimentation humaine

La graine du voandzou constitue une source alternative de protéines et d'énergie encouragée dans l'alimentation humaine surtout infantile (Ayo *et al.*, 2014). En effet, les gousses fraîches bouillies, les graines précuites ou rôties à la vapeur ou en ragoût (Madou *et al.*, 2018) sont quelques formes sous lesquelles le voandzou est utilisé dans l'alimentation. Diverses recettes traditionnelles telles que le têt, le bambara, Abla sont faites à partir de la farine du voandzou. Mélangée, cette farine est utilisée dans la pâtisserie (Ayo *et al.*, 2014) et dans la boulangerie où elle peut substituer le blé jusqu'à 20% pour la fabrication d'un pain de bonne qualité (Diallo *et al.*, 2015). Les graines sont aussi utilisées pour produire le lait végétal comparable au lait de soja et de fromage de voandzou (Ayo *et al.*, 2014). Selon Anyika *et al.* (2009), lorsque les graines sont convenablement combinées aux céréales, la qualité des protéines obtenues peut être aussi bonne que la caséine ou d'autres sources animales de protéines sinon meilleure. Brink

et al. (2006) ont argumenté le rôle alimentaire du *V. subterranea* en disant qu'il peut combler la disette de fin de cycle agricole, lorsque les greniers sont vides et que les cultures ne sont pas encore prêtes à être récoltées. Les coques sont également réduites en cendre pour production de la potasse beaucoup utilisée dans la cuisine traditionnelle.

– Valeurs nutritionnelles

Il est une plante hautement calorique (387 kcal.100 g⁻¹), riche en vitamines et en éléments minéraux et très équilibrée en termes de protéine végétale (Diallo *et al.*, 2015 ; Madou *et al.*, 2018). La consommation des graines du voandzou contribue à l'amélioration de la qualité de l'alimentation en tant que complément protéique et peut aider au maintien de l'organisme en bonne santé car il contient des antioxydants. La composition nutritionnelle de 100g de voandzou est consignée dans le tableau II selon les travaux de Hama/Ba *et al.* en 2017. Le test de la fonctionnalité des protéines dans les graines écrasées montre qu'il peut remplacer les autres farines conventionnelles dans la gamme des produits transformés. Les graines font une nourriture complète d'une part car elles contiennent les quantités suffisantes de protéines, de glucides et de lipides (Massawe *et al.*, 2005 ; Yao Djè *et al.*, 2005) et équilibrée d'autre part puisque comparées à celles d'autres espèces de légumineuses, elles sont riches en fer et les protéines contiennent plus de lysine et de méthionine (Onwubiko *et al.*, 2011). La culture du *V. subterranea* contribue fortement à la résilience des populations à l'insécurité alimentaire et nutritionnelle (Ouoba *et al.*, 2018).

Tableau II: Composition nutritionnelle de 100 g de voandzou (Hama/Ba *et al.*, 2017).

Constituants	Carbohydrates (%)	Protéines (%)	Lipides (%)	Fibres (%)	Calcium (mg)	Fer (mg)	Zinc (mg)
Dans 100g	59,39-62,12	19,41- 21,64	6,43- 7,35	6,84- 8,38	10,71- 13,15	1,39- 2,60	2,26- 2,73

– Alimentation animale

Les feuilles, riches en phosphore, servent du fourrage pour le bétail et les graines pour leur composition nutritionnelle sont aussi utilisées dans l'alimentation animale surtout celle du porc et de la volaille (Drabo *et al.*, 1997).

En Afrique subsaharienne, les extraits des graines sont utilisés dans la fabrication des produits cosmétiques tels que les lotions, les shampooings et les crèmes (McGown, 2006).

1.6.3. Rôle économique

Cultivé principalement par les femmes sur de petites superficies, le voandzou est consommé par les populations rurales et urbaines et constitue une source de revenu agricole pour les productrices (Ouoba *et al.*, 2016). Le sac de 25 kg de voandzou varie de 12000f (pendant la récolte) à 36000f (pendant la période de soudure) au Niger et une étude au Bénin a montré que son commerce du voandzou rapporte 2000 à 4000 Fcfa par sac de 100 kg (Gbaguid *et al.*, 2016). Ils ont montré également dans leur travail qu'un producteur de voandzou avait un profil net allant de 259 550 FCFA à 284 500 FCFA par hectare à l'issue des analyses coût/bénéfice. La rentabilité économique du voandzou est assez intéressante comparativement à la pratique culturale (absence de traitement phytosanitaire et pas d'apport d'engrais). C'est le cas au Bénin où elle dépasse celle du maïs (Floquet *et al.*, 2005) et au Togo (Nambou, 1997). Selon Hillocks *et al.*, (2012), le voandzou est vendu sur le plan international, mais son commerce demeure très limité. En effet, l'Afrique de l'Ouest est sa principale productrice avec environ 164589 tonnes représentant près de 40-45% de la production mondiale (FAOSTAT, 2018). Le Burkina-Faso cède sa première place de producteur mondial en 2012 (Fig. 5) et devient deuxième après le Nigéria avec 51836 tonnes (FAOSTAT, 2018).

L'utilisation industrielle du voandzou n'existe pratiquement pas, mais les analyses biochimiques de la culture ont donné des informations intéressantes sur les potentiels d'utilisation industrielle du voandzou (Taminu et Aliyu, 1997). La mise en conserve des graines de voandzou en sauce a été rapportée au Ghana (FAO, 1982). La faible efficacité de la chaîne de valeurs est l'un des gros obstacles à sa commercialisation notamment sur le plan international (Hillocks *et al.*, 2012).

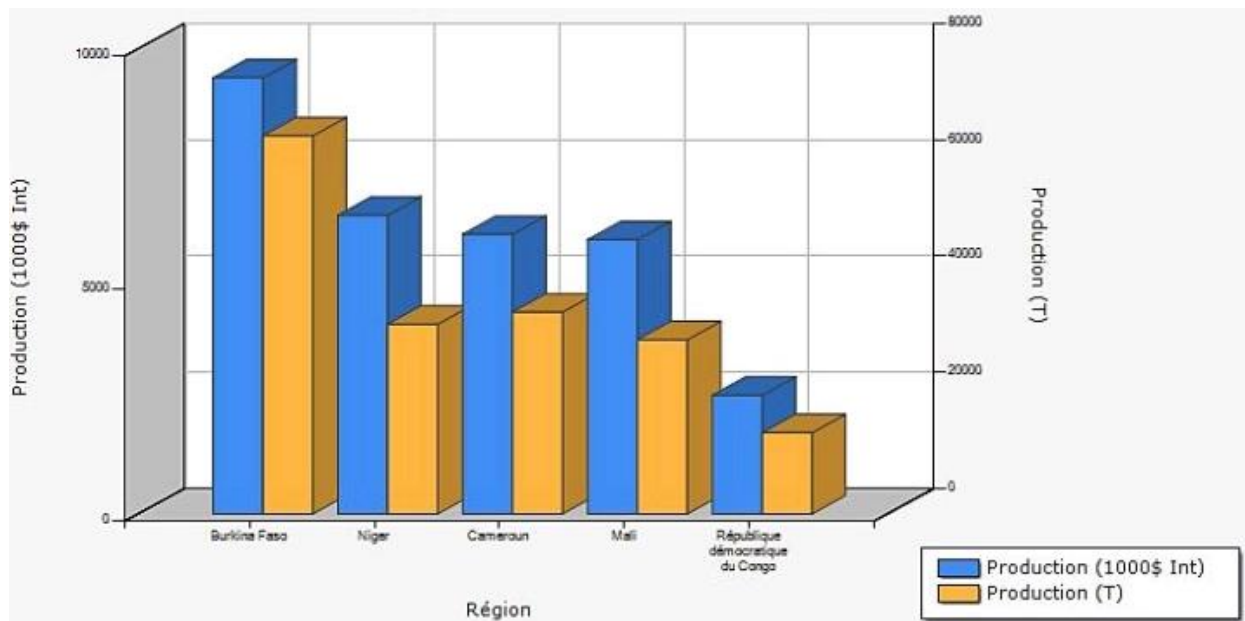


Figure 4: Principaux producteurs mondiaux du pois de terre en 2012.

1.6.4. Rôle médicinal

Les feuilles, les fleurs, les racines et même les graines du voandzou sont utilisées en médecine traditionnelle pour ses multiples propriétés pharmacologiques. Au Sénégal les feuilles sont utilisées pour traiter les abcès et les plaies infectées. Le jus des feuilles vertes est appliqué sur les yeux pour traiter l'épilepsie (Nacoulma-Ouédraogo, 1996). Les racines quant à elles sont utilisées comme aphrodisiaque. Les graines du voandzou, connues pour leurs propriétés antibactérienne, antivirale, diurétique, vulnérable et vermifuge sont utilisées seules ou mélangées dans le traitement d'un grand nombre de maladies. Elles servent au traitement des contusions internes, des hématomes, des pyuries, des polyménorrhées, de la diarrhée (DPP/ARC, 2011), de la bilharziose, de la tuberculose, de l'impuissance sexuelle (Ouédraogo, 1996), de l'hétérodosyphylis, de la trichine, de la coqueluche des troubles digestifs, nerveux et aux courbatures (Madou *et al.*, 2018). En Côte d'Ivoire, les graines sont aussi utilisées dans les traitements de l'anémie (Koné *et al.*, 2011). Elles soignent la cataracte, les nausées chez les femmes enceintes et la farine de voandzou est utilisée dans le traitement de la tension artérielle. Au Nigeria, la plante est administrée dans le traitement des maladies vénériennes (Brink *et al.*, 2006).

1.7. Diversité du *Vigna subterranea*

Une grande variabilité a été révélée au sein l'espèce *Vigna subterranea* par des études de la diversité morphologique et agronomique. Ces évaluations sont surtout basées sur les caractères phénotypiques et phénologiques. Au Niger une étude menée en 2014 à travers toutes les zones

de culture a permis de mettre en évidence la diversité des cultivars. En effet cent quinze (115) accessions ont été collectées et quatorze (14) morphotypes ont été identifiés en fonction de la couleur des graines (Amadou *et al.*, 2014). Une étude similaire en Côte d'Ivoire sur 101 accessions a mis en évidence une variabilité génétique structurée en quatre groupes de diversité morphologique ou morphotypes caractérisés par la durée de la phase végétative, l'habitus de croissance, la taille, la durée du cycle de développement et la productivité. Au Burkina Faso, l'espèce *Vigna subterranea* (L.) (Verdc.) présente une diversité génétique assez importante selon les études basées sur les caractères quantitatifs et moléculaires (Ouédraogo *et al.*, 2008 ; Ouoba *et al.*, 2017). Les travaux de Kambou *et al.* (2020) ont montré une diversité au sein de quatre-vingt-dix (90) accessions collectées dans trois zones agro écologiques du Burkina Faso. En s'intéressant aux caractères qualitatifs de la culture qui sont aussi des indicateurs visuels de la variabilité génétique, Ouoba *et al* (2018) ont reparti 138 accessions collectées dans les trois zones agro écologiques du pays en 22 groupes de morphotypes en fonction de la couleur du tégument des graines (Figure 4). Des noms locaux sont attribués à l'espèce voandzou et ceux-ci varient en fonction de la couleur de la graine, de la région et du groupe ethnique (Oto *et al.* 2009, Touré *et al.* 2013).



Figure 5: Groupes de morphotypes de *V. subterranea* identifiés (Ouoba *et al.*, 2018).

1.8. Mode de conservation du voandzou

Les graines de voandzou se conservent bien dans les gousses et le décorticage ne doit avoir lieu que lorsque les graines sont nécessaires à l'alimentation ou à la vente, car elles sont sensibles aux dommages causés par les charançons (DAFF, 2016). Toutefois décortiquées, les producteurs utilisent divers modes pour la conservation de la semence de voandzou. En effet, après avoir égoussé, les graines du voandzou sont conservées simplement dans des bidons hermétiquement fermés (Ouoba *et al.*, 2016). D'autres utilisent des matières inertes comme le sable ou la cendre qu'ils mélangent avec les graines de voandzou pour la conservation dans des contenants tels que les sacs, canaris, jarres, bidons ou greniers (Sankara *et al.*, 2016 ; Ouoba *et al.*, 2016). Pour ce mode de conservation, certains producteurs utilisent également le sel de

cuisine (Touré *et al.*, 2013). Des parties végétales sont aussi utilisées pour la conservation du voandzou, ce sont : les fruits du piment (*Capsicum frutescens*), les feuilles sèches du neem (*Azadirachta indica*) (Sankara *et al.*, 2016) ; les feuilles séchées ou fraîches de *Ocimum canum* (Sims) et de *Hyptis spicigera* (Lam.) et l'écorce de *Khaya senegalensis* (Desr.) (Touré *et al.*, 2013). Des travaux de Ouoba *et al.* (2016) et Sankara *et al.* (2016) ; une faible proportion des producteurs associe des insecticides de fumigation tels le Phostoxin (*Phosphure d'aluminium*) et le Topstoxin (*Phosphure d'aluminium*) dans la conservation. D'autres techniques de conservation sont également utilisées. Il s'agit notamment du triple ensachage (Ouoba *et al.*, 2016) et de l'exposition au soleil (Sankara *et al.*, 2016).

1.9. Contraintes à la production du voandzou

Selon Nadembèga (2016), les contraintes à la production du voandzou sont les suivantes :

1.9.1. Contraintes techniques

Majoritairement cultivé par les femmes, la culture du voandzou est dite féminine. Elle est confrontée à un manque de main d'œuvre rendant ainsi pénible le semis, l'entretien et la récolte. En dehors du semis en ligne et l'utilisation d'engrais minéral, toutes les opérations culturales du voandzou reposent sur des connaissances traditionnelles donc des techniques culturales traditionnelles avec une insuffisance de matériels agricoles. Le manque de technologies sur le voandzou et l'absence d'itinéraire technique approprié et de variétés améliorées limitent les performances productives (Kambou *et al.*, 2020).

1.9.2. Contraintes environnementales

L'une des qualités reconnues au voandzou est sa rusticité. D'aucuns le présentent comme une plante qui s'adapte mieux aux sols marginaux pauvres, où il produit sans apport de fertilisants. Par contre, aux yeux des producteurs, le voandzou s'adapte mieux aux nouveaux champs et aux anciennes jachères c'est-à-dire des sols en repos depuis un certain nombre d'années. Cela suppose alors qu'une meilleure productivité de cette culture nécessite un minimum de fertilité initiale du sol requis. Pourtant, les terres ne cessent de s'appauvrir et les espaces cultivables de plus en plus rares (Kambou *et al.*, 2020).

1.9.3. Contraintes institutionnelles

La Direction Générale de la Production Végétale (DGPV) n'a jamais mentionné le voandzou sur la liste du matériel végétal acheminé annuellement aux encadreurs agricoles (Kambou *et al.*, 2020). Jusqu'à présent, la recherche n'est pas encore parvenue à mettre au point des technologies propres au voandzou. Dans le cadre de la production du voandzou, aucune

technologie sur l'itinéraire technique, de même que sur les variétés n'a été mise à la disposition des agents de vulgarisation chargés de l'appui conseil aux producteurs dans le cadre de la production du voandzou. En plus, on assiste à une faible organisation des producteurs du voandzou en structures faïtières et cela se traduit par l'absence d'une filière propre à la culture.

1.9.4. Contraintes biotiques

Bien que plus résistant aux maladies que les autres légumineuses, le voandzou montre des baisses de rendement à la suite des attaques par les insectes (Dike, 1997). *Vigna subterranea* résiste aux maladies et aux insectes nuisibles, mais dans certaines conditions, peut être soumis aux attaques de certains champignons, nématodes, insectes et virus. La conséquence directe de ces attaques est l'apparition de maladies et d'importantes baisses de rendements (Toure, 2016).

- **Maladies cryptogamiques.**

Parmi ces maladies auxquelles le voandzou peut être sensible en condition humide, on peut citer entre autres : la cercosporiose (*Cercospora canescens*) ; l'oïdium (*Erysiphe polygoni*) ; la fusariose (*Fusarium oxysporum*) ; *Colletotrichum capsici* ; *Elsinoe sp* ; *Leptosphaerulina trifolii* ; *Macrophomina phaseolina* (Ouoba *et al.*, 2019) ; *Meliola vignagracilis* ; *Phaeolus manihotis* ; *Phyllosticta voandzeia* ; *Sclerotium rolfsii* ; *Rhizoctonia solani* ; *Rhizopus stolonifer* et *Synchytrium dolichi* (Brink *et al.*, 2006, Konaté *et al.*, 2017).

- **Les nématoses**

Meloidogyne incognita, et *Meloidogyne javanica* sont des nématodes à galle pouvant gravement affecter les rendements du voandzou. En effet, les larves de *Meloidogyne* envahissent les racines et se nourrissent dans le système vasculaire de l'hôte, causant la formation des cellules géantes. Dans les cas graves, les racines des plantes infectées sont complètement couvertes de gonflement provoqué par l'hypertrophie des cellules corticales. Les dommages causés aux racines altèrent la croissance normale, les plantes jaunissent et se fanent. Ils ont également pour conséquence la réduction de l'accumulation de la matière sèche et l'avortement des fleurs (Tadele, 2009 ; Hillocks *et al.*, 2012).

- **Maladies virales**

Plusieurs maladies virales sont également signalées chez le Voandzou, comme la mosaïque de la luzerne, la mosaïque du trèfle, le bean chlorotic ringspot, le bean local chlorosis, le bean chlorosis, la cowpea aphid-borne mosaic, le virus de la marbrure du niébé (CPMoV), le virus

de la mosaïque du niébé transmis par les pucerons (CABMV) et le virus de la marbrure de l'arachide (PeMoV) (Baudoin et Mergeai, 2001 ; Brink *et al.*, 2006).

- **Insectes ravageurs**

Parmi les ravageurs des semences en cours de germination, on trouve les rongeurs, les termites, les fourmis et les vers gris (*Agrotis*) (Brink *et al.*, 2006). Les insectes ravageurs de la plante les plus souvent cités sont les cicadelles *Empoasca facialis* et *Hilda patriuelis* ainsi que les larves des lépidoptères *Diacrisia muculosa*. D'autres peuvent provoquer des dégâts importants pendant le stockage des graines, les plus communs étant les bruches appartenant aux deux espèces *Callosobruchus maculatus* et *C. Subinnotatu* (Baudoin et Mergeai, 2001).

1.9.5 Contraintes abiotiques

En agriculture, la production du pois de terre est confrontée à plusieurs contraintes abiotiques d'ordre pédologiques et climatiques. Ces contraintes influencent la croissance de la plante, le rendement et la qualité du produit de la récolte. Le vent, la baisse de la fertilité des sols (déficits nutritionnels), la structure des sols, les stress salins et hydriques font partie de ces contraintes.

CHAPITRE 2 : MATERIEL ET METHODES

2.1. Présentation du site expérimental

2.1.1. Situation géographique

Cette étude a été réalisée en 2023 à la station de l'INERA Farako-Bâ situé à une dizaine de kilomètre de Bobo Dioulasso sur l'axe Bobo-Banfora. Cette station a une superficie de 375 ha dont 200 ha aménagés (Somé, 2000 ; Ouédraogo, 2014). Les coordonnées géographiques de la station de Farako- Bâ sont les suivantes : une altitude de 405 m, une longitude de 4°20' Ouest et une latitude de 11°06' Nord (Somé, 2000).

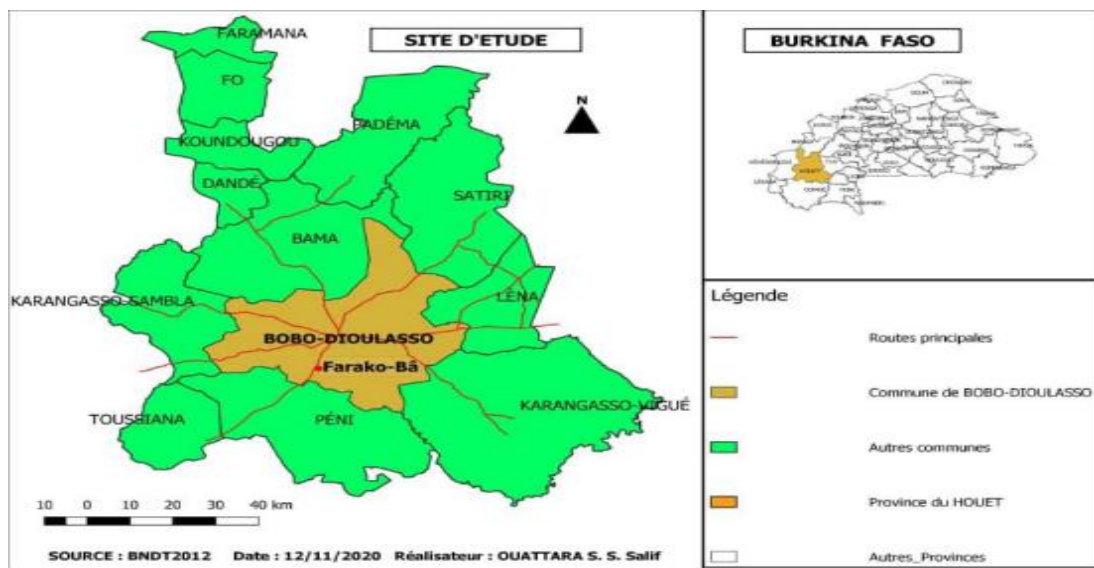


Figure 6: Situation géographique de zone d'étude (Ouattara, 2021).

2.1.2. Caractérisation biophysique

2.1.2.1. Le climat

Le climat de Farako-Bâ est de type sud-soudanien, situé entre les isohyètes 1000 et 1200mm (Pallo et Sawadogo, 2010). Ce climat est caractérisé par une longue saison sèche allant de novembre à mai avec un régime d'harmattan et des températures élevées et une courte saison pluvieuse allant de juin à octobre avec un régime de la mousson. La température moyenne minimale est environ 20°C et la température moyenne maximale 35°C environ. Les précipitations annuelles sont comprises entre 950 et 1200 mm d'eau.

La Figure 7 présente la pluviométrie moyenne enregistrée au cours de la campagne agricole 2023/2024 sur la station de Farako-Bâ. La pluviosité enregistrée est de 984,6 mm d'eau de janvier à septembre 2023 en 55 jours de pluie en fin septembre 2023. La Figure 8 quant à elle présente les quantités d'eau tombée au cours de ces dix (10) dernières années sur la station de Farako-Bâ. Elle a varié entre 700 et 1300 mm avec une hauteur d'eau moyenne de 1127,7 mm.

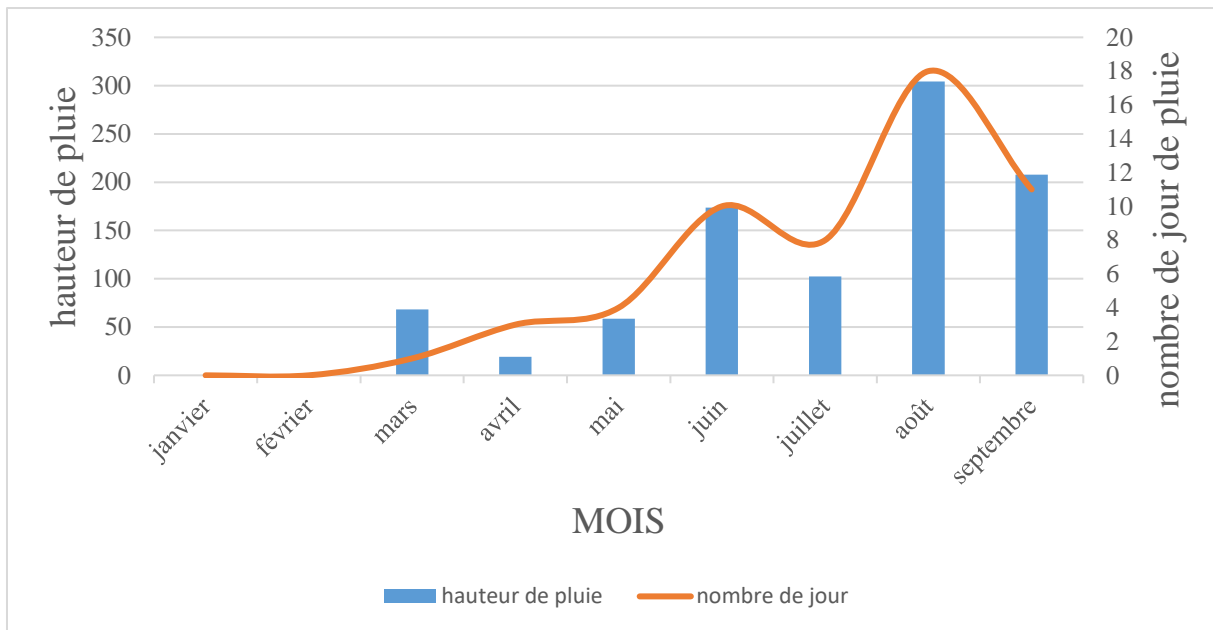


Figure 7: Pluviométrie pour la campagne 2023-2024 de station de la Farako-Bâ.

Source : Station météorologique de l'INERA/Farako-Bâ, 2023

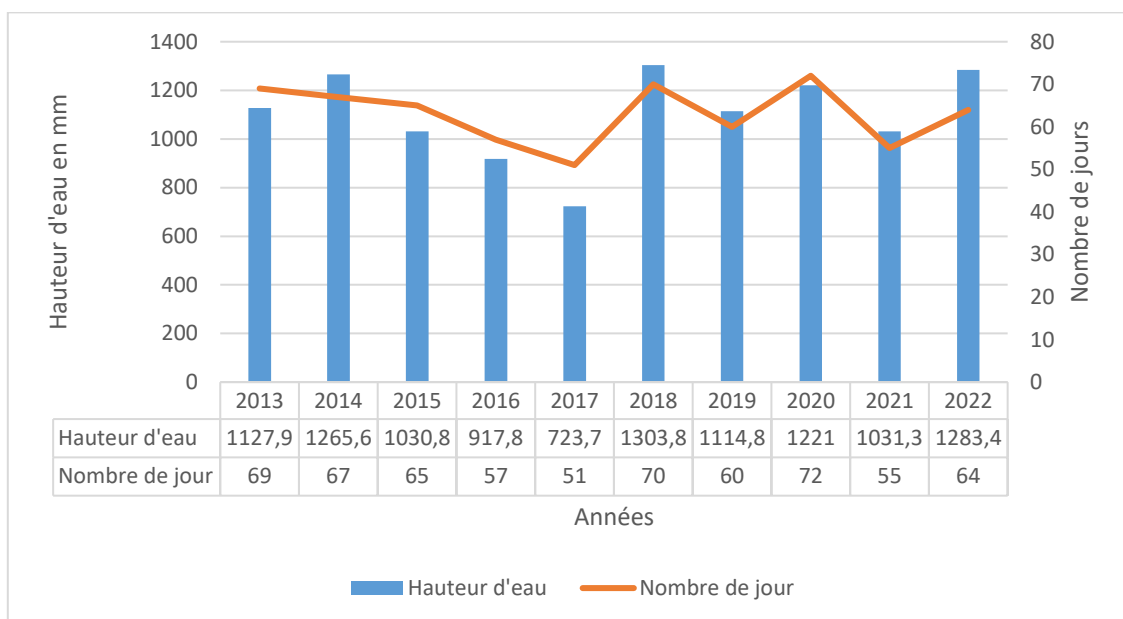


Figure 8: Pluviométrie sur la station de l'INERA/Farako-Bâ de 2013 à 2022.

Source : Station météorologique de Farako –Bâ, 2022

2.1.2.2. Le sol

Les sols de Farako-Bâ ont une minéralisation faible (C/N=13) avec un pH acide (pH de 5,2 à 5,4) et sont de façon générale pauvre en azote (N), phosphore (P) et potassium (K) indispensables au bon développement de la plante (Gomgnimbou *et al.*, 2014). Bado (2002), avait remarqué que ces sols sont pauvres en matière organique, ce qui explique leur faible capacité d'échange cationique.

2.1.2.3. La végétation

La végétation de la station expérimentale de Farako-Bâ appartient au secteur phytogéographique sud soudanien (Guinko et Fontes, 1995), caractérisé essentiellement par une savane arborée à boisée et herbeuse, assez dense par endroit. On y trouve des forêts claires aux abords des bas-fonds et le long des cours d'eau. Les formations végétales de la strate arborée se composent en grande partie d'essences telles que : *Vittelaria paradoxa* Gaerth, *Isoberlinia doka* Craib et Stapf, *Khaya senegalensis* Desr., *Parkia biglobosa* Benth., *Detarium microcarpum* GetPen., *Tamarindus indica* C.L, *Azelia africana* S, *Cassia siamea* (Lam), *Daniella oliveri* Hutch et Daltz (Fontes et Guinko, 1995). Le tapis herbacé est composé d'*Andropogon gayanus* Kunth, *Brachiaria sp.*, *Chlorus pilosa* Schumach, *Cynodon dactylon* L, *Dactyloctenium aegyptium* L P Beauv et *Digitaria horizontalis* Wild (Fontes et Guinko, 1995)

2.2. Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé est constitué de 88 accessions de *Vigna subterranea* issues de la collection sous-régionale effectuée par le projet Sustlives. De ces 88 accessions, 85 ont été collectées auprès des producteurs au Burkina Faso, deux accessions collectées au Benin et une accession collectée au Niger (Tableau III). Ces accessions ont été codifiées en fonction de leur provenance.

Tableau III : Origine et nombre des accessions évaluées.

Pays	Provinces	Nombre d'accessions
Burkina Faso	Bazèga	3
	Boulkiemdé	8
	Ganzourgou	3
	Houet	1
	Kadiogo	5
	Kouritenga	2
	Kourwéogo	41
	Oubritenga	7
	Sanguié	5
	Sissili	4
Zoundwéogo	6	
Benin	Benin	2
Niger	Niger	1

2.3. Méthodologie

2.3.1. Conduite de l'essai

Après un labour au tracteur et un planage manuel, l'essai a été implanté à la station de Farako-Bâ selon un bloc de Fisher avec trois répétitions. Chaque répétition est constituée de quatre sous-blocs de vingt-deux entrées chacune. Les blocs ont été séparés de 1 m et les sous-blocs de 0,5 m. Chaque parcelle élémentaire (ligne) est longue de 3 m et séparée des autres d'un espace de 50 cm. Sur chaque ligne a été semée une accession à raison de 11 poquets espacés de 30 cm.

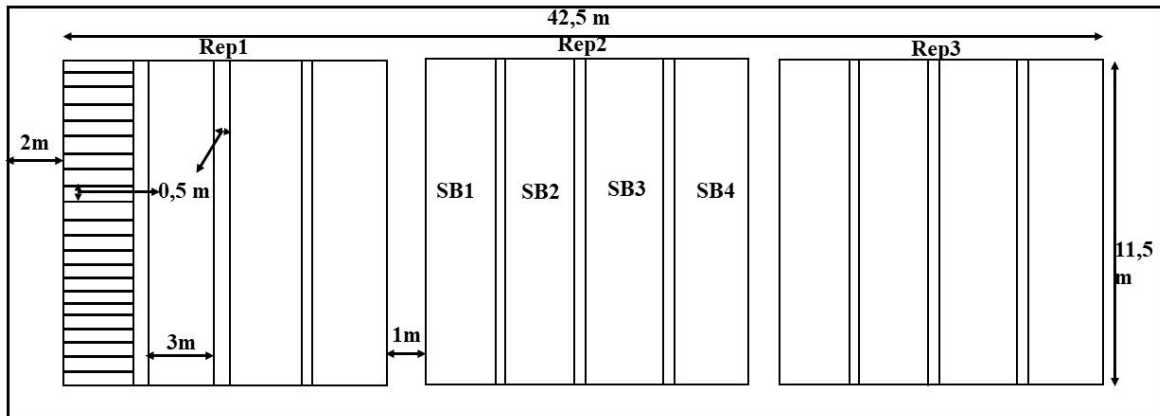


Figure 9: Dispositif expérimental.

2.3.2. Semis, fertilisation et entretien de l'essai

Le semis a été réalisé le 25 juillet 2023. Des sarclages ont été faits. Du compost à la dose de 1 kg par ligne de 3 m a été épandu le 37^e JAS. Un buttage a été fait au 50^e JAS. Un traitement à base d'un bio insecticide répulsif a été fait au 22^e JAS pour contrôler les attaques des fourmis. Les variations de l'humidité relative de l'air et de la température pendant notre essai sont présentées par la figure 10.

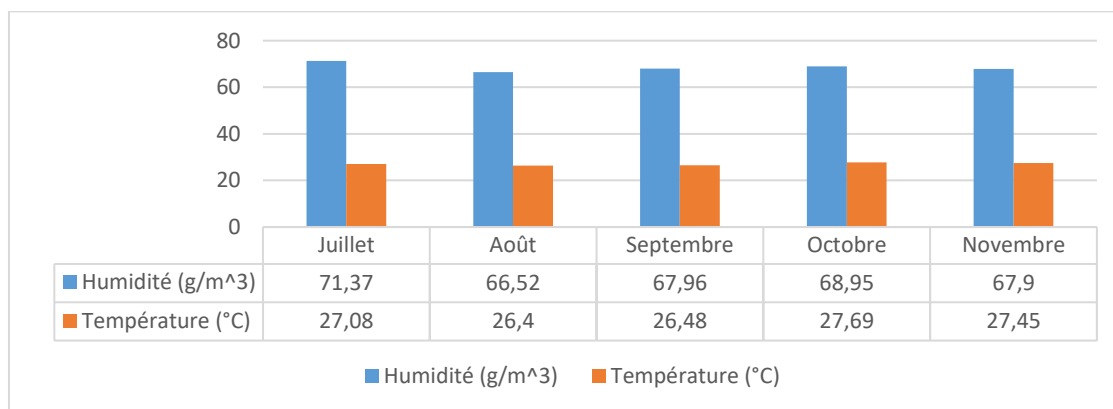


Figure 10: Variations de l'humidité et de la température de juillet à novembre 2023.

Source : Service météorologique de l'INERA/Farako-Bâ.

2.3.3. Collecte des données

Au total 22 caractères dont 9 qualitatifs et 13 quantitatifs ont été observés ou mesurés suivant les stades de développement de la plante et après la récolte conformément au descripteur du voandzou [*Vigna Subterranea* (L.) Verdc.] établi par l'Institut international des ressources phylogénétiques, actuel Bioversity International (IPGRI/IITA/BAMNET, 2000).

2.3.3.1. Caractères qualitatifs observés

Les observations ont porté sur la présence d'anthocyanine sur les tiges (PAT), la présence d'anthocyanine sur les pétioles (PAP), la couleur de la gousse mature fraîche (CGOf), la forme de la gousse mature (FGM), la couleur de la graine (CGR), la forme de la graine (FG), la présence de l'œil (POE), l'apparence de l'œil (AOE) et la présence de nodule sur les racines (PN). Tous ces caractères ont été notés à travers des observations rigoureuses et objectives à l'œil nu sur l'ensemble des accessions après la récolte à l'exception de la présence d'anthocyanine sur les pétioles (PAP) qui a été observée au stade végétatif de la plante.

2.3.3.2. Caractères quantitatifs mesurés

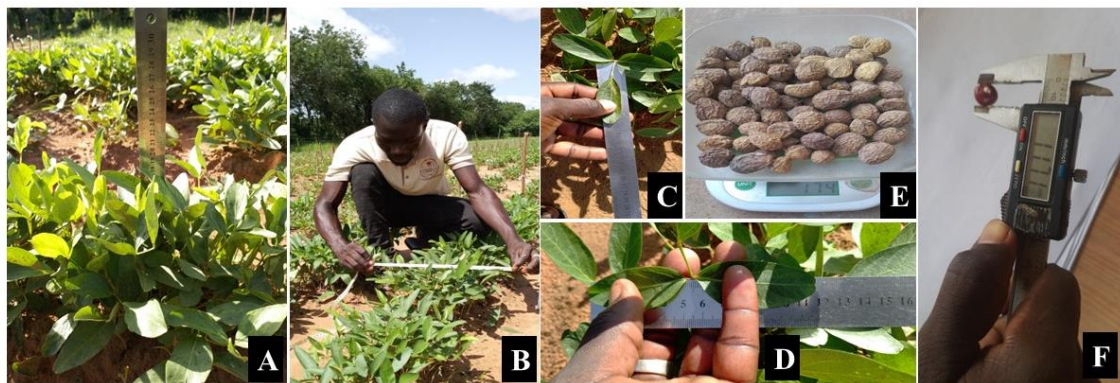
La mesure des caractères quantitatifs a concerné (Tableau IV) :

- le nombre de jours à 50% floraison correspondant au nombre de jours écoulés entre le semis et l'apparition des fleurs sur la moitié des pieds présents sur la parcelle ;
- le nombre de jours à 95% maturité physiologique définie par le décompte du nombre de jours écoulés entre le semis et le jaunissement des feuilles de n-1 des plantes sur la ligne (n étant le nombre total de pieds présents). Elle a été notée avant le début des récoltes ;
- le nombre de feuilles qui a été pris à 7 semaines après semis par décompte sur cinq pieds centraux pris aléatoirement sur la ligne ;
- la hauteur de la plante à la floraison, prise sur cinq plants centraux aléatoirement choisis à l'aide d'une règle graduée de la base de la tige au sommet de la dernière feuille de la plante (figure 11A) ;
- le diamètre du feuillage ou l'envergure de la plante correspondant à la plus grande distance entre deux points opposés de la plante (figure 11B) a été mesuré également à l'aide d'un mètre tailleur sur 5 pieds à 42 JAS ;
- Une règle graduée a servi à la prise de la longueur du limbe et la largeur du limbe de trois feuilles par pied (Figure 11C, D).
- le nombre de gousses par plante par le décompte des gousses de cinq pieds pris aléatoirement par ligne ;
- le poids frais des gousses par plante;

- le poids sec des gousses par parcelle élémentaire (figure 11E) ainsi que
- le poids des graines par parcelle élémentaire ont été obtenus à l'aide d'une balance électronique de précision.
- La longueur et la largeur de la graine ont été prises à l'aide d'un pied à coulisse (figure 11F).

Tableau IV : Liste des caractères quantitatifs mesurés

Stade	Caractères	Abréviations	Unité
Plantule	Nombre de jours à 50% floraison	50% FLO	JAS
	Nombre de jours à 95% de maturité	95% MAT	JAS
	Hauteur de la plante à la floraison	HP	Cm
	Nombre de feuilles	NFE	nombre
	Diamètre du feuillage	DF	Cm
	Largeur du limbe	LaL	Cm
	Longueur du limbe	LoL	Cm
Post-récolte	Nombre de gousses par plante	NGO/P	nombre
	Poids frais des gousses par plante	PfGO/P	G
	Poids sec des gousses par parcelle élémentaire	PsGO/PE	G
	Poids des graines par parcelle élémentaire	PGR/PE	G
	Longueur de la graine	LoGR	Mm
	Largeur de la graine	LaGR	Mm



Légende: Mesure de A : hauteur de la plante, B: diamètre du feuillage, C: longueur du limbe, D: largeur du limbe, E: poids sec des gousses et F: largeur de la graine.

Figure 11: Mesure de quelques caractères quantitatifs.

2.4. Analyse des données

Les données collectées ont été enregistrées sur le tableur EXCEL 2016. Il a également servi au traitement des données et à la construction des histogrammes. Après le test de normalité, les données ont été analysées avec le logiciel XLSTAT Version 2016. Il s'agit de l'analyse de variances (ANOVA) afin de vérifier l'existence de différences significatives entre les accessions évaluées, de l'analyse en composante principale (ACP) pour l'association entre les

caractères quantitatifs mesurés, de la matrice de corrélation de Pearson pour les relations entre deux caractères quantitatifs mesurés et de la classification ascendante hiérarchisée (CAH) dans l'optique de structurer les accessions étudiées sur la base des caractères quantitatifs mesurés.

CHAPITRE 3 : RESULTATS ET DISCUSSION

3.1. Résultats

3.1.1. Analyse de la diversité de la collection étudiée

3.1.1.1. Diversité des accessions évaluées sur la base des caractères qualitatifs

L'analyse des résultats révèle une grande diversité au sein de la collection étudiée pour la plupart des caractères qualitatifs observés (tableau V). En effet, plusieurs modalités ont été observées. Les modalités observées ont varié de deux pour les caractères présence d'anthocyanine sur les pétioles (PAP), présence d'anthocyanine sur la tige (PAT), la forme de la graine (FGR) et la présence des nodules sur les racines (PN) à sept pour la couleur de la graine. Ainsi, pour la forme de la gousse mature (FGM) quatre modalités ont été distinguées au sein des accessions évaluées (figure 11) avec une dominance pour la gousse se terminant par un point et ronde de l'autre côté (56,82 %). La couleur de la graine (CGR) a varié de crème (54,54%) à noire (1,14%) autour de sept modalités (figure 12). Dans cette collection étudiée, la presque totalité des graines sont rondes (87,5%) contre (12,5%) pour la forme ovale. 51,14% des accessions évaluées ont des graines présentant l'œil dont les quatre modalités sont illustrées par la figure 13. Les accessions dont les plantes présentant l'anthocyanine sur les pétioles ont été les mêmes qui possèdent cette substance au niveau de la tige soit 45,45% contre 54,54% qui en sont dépourvues.

Tableau V : Résultats de l'analyse des données qualitatives.

Variable	Modalités	Effectifs	%
PAT	-absence	48	54,54
	-présence	40	45,45
PAP	-absence	48	54,54
	-présence	40	45,45
CGM	-brun	21	23,86
	-brun-jaunâtre	65	73,86
	-brun-rougeâtre	2	2,27
FGM	-deux points de chaque côté	6	6,82
	-un point, avec une anse de l'autre côté	6	6,82
	-un point, rond de l'autre côté	50	56,82
	- sans point	26	29,54
CGR	-crème	48	54,54
	-noire	1	1,13
	- Pointillés brun foncé sur fond crème	22	25,00
	-pourpre foncé	3	3,41
	- rouge brunâtre clair	1	1,13
	- taches marbrées noires sur fond crème	5	5,68
FGR	-ovale	11	12,50
	-ronde	77	87,50
POE	-absence	43	48,86
	-présence	45	51,13
	-sans œil	43	48,86
AOE	- œil brun foncé triangulaire	1	1,136
	- œil gris en forme de papillon	35	39,77
	- œil gris triangulaire	1	1,13
PNO	- œil rouge foncé en forme de papillon	8	9,09
	-nodules abondants	4	4,54
	-quelques nodules	84	95,45

Légende : *PAP* : présence d'anthocyanine sur les pétioles ; *PAT* : présence d'anthocyanine sur la tige ; *CGM* : couleur de la gousse mature ; *FGM* : forme de la gousse mature ; *CGR* : couleur de la graine ; *FGR* : forme de la graine ; *POE* : présence de l'œil ; *AOE* : Apparence de l'œil ; *PNO* : présence de nodules.

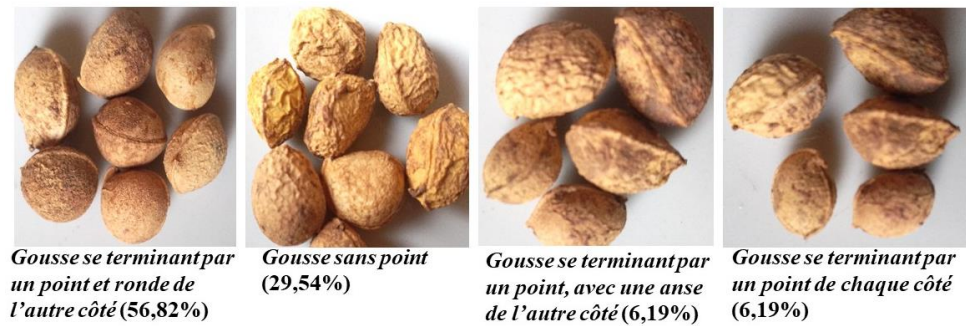


Figure 12: Diversité de formes observée au niveau de la gousse mature des accessions étudiées

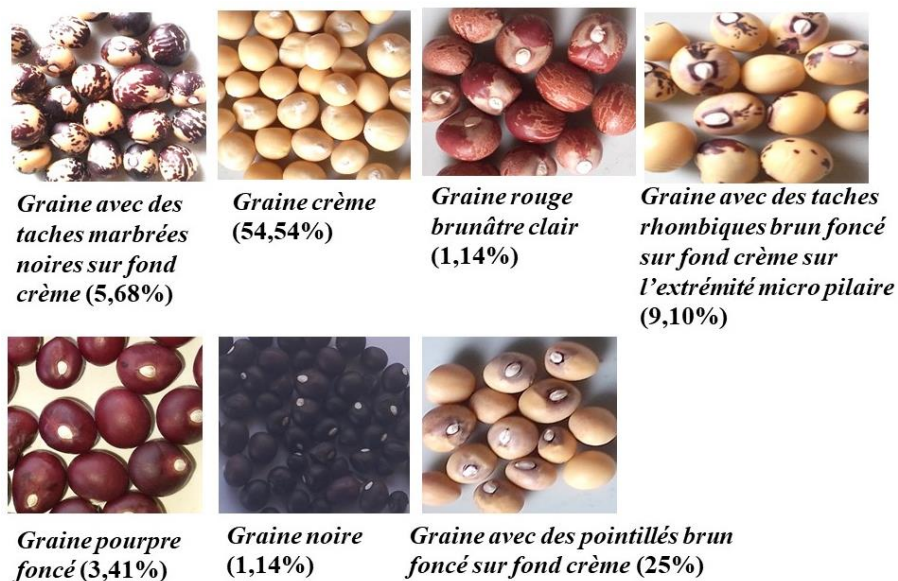


Figure 13: Diversité de couleurs observée au niveau de la graine des accessions étudiées.

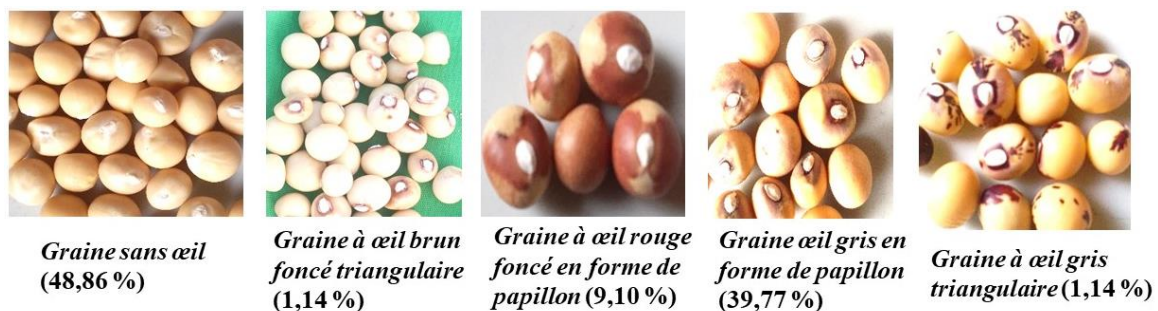


Figure 14: Présence ou absence d'œil et aspects de l'œil.

3.1.1.2. Diversité des accessions évaluées sur la base des caractères quantitatifs

Une différence simplement significative a été trouvée entre les accessions pour le caractère 50 % floraison ($P=0,025$) tandis qu'elle a été hautement significative pour les autres caractères quantitatifs mesurés (tableau VI). La plante du voandzou a eu une hauteur moyenne de 18,98 cm variant de 15,46 cm (KSag17) et 26,83 cm (BENV3). Les plantes de l'accession KKou3 ont émis 143,80 feuilles à l'opposé de ODa2 avec 33,53 feuilles. Le diamètre minimum du

feuillage a été de 20,57 cm (KLay69) alors que KKou3 a couvert 43,33 cm. Dans la collection étudiée, la production maximale a été de 18,73 gousses par plante avec un poids frais moyen de 20,78 g. Le poids frais des gousses a varié de 4,13 g pour l'accession KSag4 à 72,47 g (ZMag6). Par parcelle élémentaire de cinq plantes, la moyenne du poids sec des gousses a été de 146,33 g tandis que le poids moyen des graines a été de 96,67 g. Le nombre de jours moyen de la semi floraison a été de 42,13 JAS et l'accession BENV3 a été la plus précoce. L'ANOVA réalisée a présenté des coefficients de variation qui s'étalent de 2,9% (95%MAT) à 56,269% (PfGO-P) (tableau VI). Les coefficients de variation ont été particulièrement grands pour les caractères liés au rendement. A l'inverse, les variations ont été faible (CV< 30 %) pour les caractères de croissance et plus faibles pour les variables de cycle.

Tableau VI : Performances agronomiques moyennes des accessions et résultats de l'ANOVA.

Variable	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type	CV (%)	P-value	F
HP	15,46	26,80	18,98	2,11	11,14	< 0,0001	4,31**
NFE	33,53	143,80	67,31	15,63	23,22	< 0,0001	7,43**
DF	20,57	43,33	27,27	4,16	15,28	< 0,0001	5,74**
LaL	8,69	13,29	10,61	0,89	8,44	< 0,0001	5,92**
LoL	5,74	9,13	7,27	0,65	9,00	< 0,0001	5,65**
LoGR	10,04	15,02	11,92	1,11	9,30	0,000	24,54**
LaGR	8,34	12,11	10,28	0,82	8,03	0,000	14,59**
50%FLO	37,66	47,33	42,13	2,07	4,91	0,025	1,42*
95%MAT	90,00	110,00	96,89	2,81	2,90	< 0,0001	3,38**
NGO-P	3,00	18,73	9,51	3,47	36,51	< 0,0001	3,84**
PfGO-P	4,13	72,46	20,78	11,69	56,27	< 0,0001	7,21**
PsGO-PE	14,00	146,33	52,48	26,12	49,78	< 0,0001	2,09**
PGR-PE	7,33	96,67	31,87	15,51	48,65	< 0,0001	1,97**

Légende : HP : hauteur de la plante ; NFE : nombre de feuilles à la floraison ; DF : diamètre du feuillage ; LaL : largeur du limbe ; LoL : longueur du limbe ; NGO-P : nombre de gousses par plant ; PfGO-P : poids frais des gousses par plant ; LoGR : longueur de la graine ; LaGR : largeur de la graine ; 50%FLO : nombre de jours à 50% floraison ; 95%MAT : nombre de jours à 95% maturité ; PsGO-PE : poids sec des gousses par parcelle élémentaire ; PGR-PE : poids des graines par parcelle élémentaire ; F : coefficient de Fischer, CV(%) : coefficient de variation ** : différence hautement significative ; * : différence simplement significative.

3.1.2. Structuration de la diversité agro-morphologique du voandzou

3.1.2.1. Relations entre les caractères

Les corrélations révélées par la matrice de corrélation de Pearson ont un seuil de significativité de 5% (tableau VII). Les corrélations les plus fortes ont été celles qui associent les paramètres de rendement. En effet, la plus forte corrélation positive ($r=0,970$) lie le poids sec des gousses par parcelle élémentaire (PsGO-PE) au poids des graines par parcelle élémentaire (PGR-PE) tandis que la plus forte corrélation négative ($r= -0,350$) a été celle liant le nombre de jours 50%

floraison (50%FLO) au nombre de gousses par plante (NGO-P). La corrélation existante entre le diamètre du feuillage (DF) et le poids des graines par parcelle élémentaire a été moyennement significative ($r=0,594$). L'analyse de ces résultats a permis de faire ressortir quelques informations importantes. Les plantes à grande envergure ont un nombre élevé de feuilles (en moyenne 67,31 feuilles), un poids frais moyen de 20,78 g de gousses par plante.

Tableau VII : La matrice de corrélation de Pearson

Variables	HP	NFE	DF	LaL	LoL	NG O-P	PfG O-P	Lo GR	La GR	50% FLO	95% MAT	PsGO -PE	PGR -PE
HP	1												
NFE	0,50	1											
DF	0,79	0,64	1										
LaL	0,76	0,52	0,74	1									
LoL	0,81	0,50	0,79	0,89	1								
NGO-P	0,13	0,33	0,31	0,27	0,22	1							
PfGO-P	0,52	0,48	0,69	0,58	0,61	0,72	1						
LoGR	0,58	0,11	0,55	0,53	0,60	-0,01	0,47	1					
LaGR	0,57	0,20	0,58	0,53	0,61	0,06	0,48	0,85	1				
50%FLO	-0,20	-0,34	-0,18	-0,12	-0,08	-0,35	-0,22	0,12	0,03	1			
95%MAT	-0,04	0,11	0,13	0,04	0,03	0,22	0,46	0,22	0,24	0,02	1		
PsGO-PE	0,46	0,46	0,63	0,52	0,54	0,79	0,96	0,37	0,41	-0,22	0,42	1	
PGR-PE	0,44	0,43	0,59	0,51	0,52	0,81	0,95	0,37	0,40	-0,22	0,38	0,97	1

Légende : *HP* : hauteur de la plante ; *NFE* : nombre de feuilles à la floraison ; *DF* : diamètre du feuillage ; *LaL* : largeur du limbe ; *LoL* : longueur du limbe ; *NGO-P* : nombre de gousses par plante ; *PfGO-P* : poids frais des gousses par plante ; *LoGR* : longueur de la graine ; *LaGR* : largeur de la graine ; *50%FLO* : nombre de jours à 50% floraison ; *95%MAT* : nombre de jours à 95% maturité ; *PsGO-PE* : poids sec des gousses par parcelle élémentaire ; *PGR-PE* : poids des graines par parcelle élémentaire.

3.1.2.2. Association des caractères quantitatifs

La contribution des variables à la formation des axes de l'ACP est consignée dans le tableau IX. La valeur cumulée de la variance des deux premiers facteurs (F1 et F2) pour les treize caractères quantitatifs a été de 97,94% (tableau VIII). Le facteur F1 a une valeur propre de 8,588 expliquant à lui seul 84,895% de la variation des caractères. Seule la 95% maturité a fortement contribué pour l'axe F2 tandis que le facteur F1 associe positivement tous les autres caractères qui s'opposent au nombre de jours 50% floraison ($r = -0,272$). Cet axe est ainsi défini comme étant l'axe de la croissance et de la productivité du voandzou. Aucun caractère n'a été principalement à l'origine de l'axe 3 qui restitue les 2,06% restant de la variabilité totale.

Tableau VIII : Relation entre les caractères quantitatifs et les facteurs (F) de l'ACP.

Principales composantes			
Variables	F1	F2	F3
Valeur propre	8,59	1,32	0,21
Discrimination (%)	84,89	13,04	2,06
% cumulé	84,89	97,94	100,00
HP	0,53	0,04	-0,35
NFE	0,67	0,16	-0,08
DF	0,72	-0,04	-0,42
LaL	0,58	-0,03	-0,18
LoL	0,59	-0,04	-0,31
NGO-P	0,69	-0,47	0,44
PfGO-P	0,95	-0,05	-0,03
LoGR	0,43	0,20	-0,27
LaGR	0,45	0,04	-0,44
50%FLO	-0,27	0,10	0,05
95%MAT	0,48	0,54	0,23
PsGO-PE	0,95	-0,21	0,06
PGR-PE	0,92	-0,27	0,06

Légende : *HP* : hauteur de la plante ; *NFE* : nombre de feuilles à la floraison ; *DF* : diamètre du feuillage ; *LaL* : largeur du limbe ; *LoL* : longueur du limbe ; *NGO-P* : nombre de gousses par plant ; *PfGO-P* : poids frais des gousses par plant ; *LoGR* : longueur de la graine ; *LaGR* : largeur de la graine ; *50%FLO* : nombre de jours à 50% floraison ; *95%MAT* : nombre de jours à 95% maturité ; *PsGO-PE* : poids sec des gousses par parcelle élémentaire ; *PGR-PE* : poids des graines par parcelle élémentaire.

3.1.2.3. Structuration de la diversité de la collection étudiée

Les accessions soumises à la classification ascendante hiérarchisée ont été structurées en quatre groupes sur la base des caractères quantitatifs étudiés (figure 15). Ces groupes ont été significativement distincts pour tous les caractères hormis la 50% floraison. Le groupe 1 comptant 17 accessions est le groupe intermédiaire entre le groupe 4 et les deux autres groupes. En effet, le groupe 4 (4 accessions) est caractérisé par un cycle de floraison court avec de bonnes performances de développement de la plante et de rendement (tableau IX).

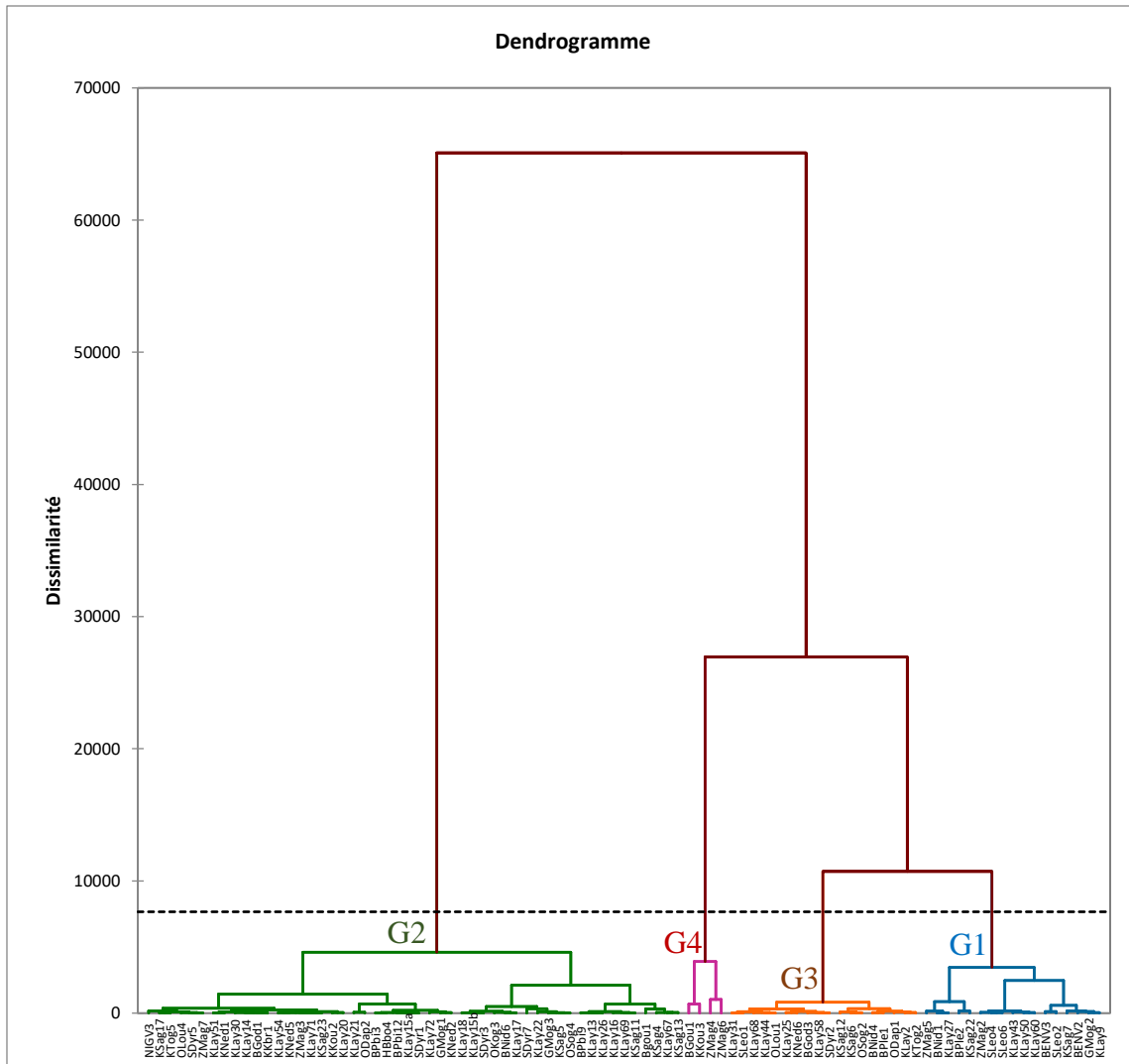


Figure 15 : Dendrogramme de la CAH de 88 accessions de voandzou selon la méthode de Neighbour Joining.

Tableau IX : Effectifs et performances des groupes issus de la CAH du voandzou.

Groupes	1	2	3	4	Pr > F	F
Effectif	17	45	22	4		
HP	20.406 b	18.410 a	18.433 a	22.523 c	0,000	10,495*
NFE	76.700 b	61.490 a	65.807 a	105.485 c	0,000	20,664*
DF	31.398 b	25.544 a	26.159 a	35.865 c	0,000	27,879*
LaL	11.258 b	10.290 a	10.530 a	12.124 c	0,000	12,410*
LoL	7.798 b	7.040 a	7.147 a	8.376 c	0,000	14,112*
NGO-P	13.111 b	7.189 a	11.604 b	13.302 b	0,000	40,536*
PfGO-P	33.422 c	13.475 a	21.507 b	53.290 d	0,000	115,126*
LoGR	12.328 a	11.733 a	11.616 a	13.888 b	0,000	7,124*
LaGR	10.803 b	10.104 a	10.006 a	11.446 b	0,000	7,830*
50%FLO	41.275 a	42.544 a	42.074 a	40.896 a	0,096	2,183 ^{ns}
95%MAT	96.510 a	96.422 a	96.778 a	104.771 b	0,000	17,252*
PsGO-PE	83.824 c	34.483 a	57.704 b	116.208 d	0,000	137,132*
PGR-PE	51.118 c	21.122 a	35.389 b	65.958 d	0,000	115,139*

Légende : *HP* : hauteur de la plante ; *NFE* : nombre de feuilles à la floraison ; *DF* : diamètre du feuillage ; *LaL* : largeur du limbe ; *LoL* : longueur du limbe ; *NGO-P* : nombre de gousses par plant ; *PfGO-P* : poids frais des gousses par plant ; *LoGR* : longueur de la graine ; *LaGR* : largeur de la graine ; *50%FLO* : nombre de jours à 50% floraison ; *95%MAT* : nombre de jours à 95% maturité ; *PsGO-PE* : poids sec des gousses par parcelle élémentaire ; *PGR-PE* : poids des graines par parcelle élémentaire ; *F* : coefficient de Fischer ; * : différence significative ; ^{ns} : différence non significative.

3.2. DISCUSSION

La grande variabilité observée pour la plupart des caractères étudiés témoigne de l'existence d'une diversité au sein de la collection du voandzou évaluée. Bien qu'une variabilité importante soit observée au niveau de la couleur des graines de voandzou, la prédominance des graines de couleur crème (54,54%) au sein de la collection étudiée pourrait être due à la pression de sélection. En effet, Kambou *et al.* (2020) au Burkina Faso (31,11%), Abu et Buah (2011) au Ghana, ont également observé la prédominance de la même coloration au sein de leurs collections. De plus, la couleur de la graine est un critère important dans le choix des espèces végétales (Tiryaki *et al.* 2016). En outre, selon Yang *et al.* (2010), la couleur de la graine est un critère de détermination de la qualité et de la valeur commerciale chez les légumineuses.

La coloration de la graine est étroitement liée à la présence ou absence d'anthocyanine sur la tige et le pétiole. Hormis la couleur crème des graines, les accessions possédant cette substance

sur ces organes (tige et pétiole) ont eu des graines de couleur variée et anthocyane. En effet, selon Rein (2005), les anthocyanines sont responsables de la coloration des organes végétaux. Cette diversité de coloration s'explique par le fait que les anthocyanines sont fortement influencées par les conditions pédoclimatiques. Les écarts élevés entre les valeurs minimales et maximales observés ajoutés aux fortes valeurs du coefficient de variation pour certains caractères mesurés traduisent l'existence d'une grande hétérogénéité de la collection de voandzou étudiée. En effet, cette variabilité est plus observée au niveau des caractères de rendement avec des CV élevés. Cela s'expliquerait par les différentes potentialités de rendement de chaque accession et par le nombre élevé des accessions. Les fortes corrélations observées entre les paramètres de rendement et la largeur du limbe et aussi l'envergure de la plante signifient que plus la partie aérienne de la plante est développée plus le rendement est élevé. En effet, plus la feuille est large plus l'activité photosynthétique est élevée (Scharen *et al.*, 1983). Ainsi, la plante accumule beaucoup de réserves qui contribuent à l'augmentation du rendement. Également, plus l'envergure est grande plus il y a de ramification et cela contribue à l'augmentation du nombre de gousses formées et donc le rendement. Ces corrélations offrent des possibilités d'amélioration. En effet, la sélection de l'un des caractères implique l'autre. Les corrélations négatives observées entre le cycle de développement et les caractères de rendement traduisent que les accessions à cycle long produisent moins de gousses. Cela s'expliquerait par le fait que les accessions à cycle long n'arrivent pas à boucler leur cycle dû aux conditions pluviométriques. Ainsi, les accessions à cycle court sont les plus productives. La structuration de la diversité obtenue en quatre groupes offre des possibilités d'amélioration. En effet, les individus appartenant au groupe 4 pourraient être de potentiels géniteurs pour améliorer les accessions du groupe 2 qui ont un faible rendement et un cycle long. Le maintien des accessions sous des processus évolutifs très différents dans leur agroécosystème respectif serait à l'origine des dissemblances morphologiques et phénologiques observées entre les différents groupes de diversité phénotypique (Bonny et Djè, 2011). Selon Sadiki et Jarvis, (2005), les agroécosystèmes sont susceptibles d'exercer des pressions sélectives très variables sur les génotypes tout comme les pressions anthropiques (Robert *et al.*, 2004). Ces facteurs évolutifs pourraient être les causes de la nette différenciation agromorphologique et phénologique observée entre les accessions. Les facteurs pédologiques, climatiques et anthropiques influençant cette évolution dans les différents agroécosystèmes donnent aux accessions des caractéristiques qui leurs sont propres (Azam-Ali *et al.*, 2001). Un des impacts du changement climatique est le raccourcissement de la saison pluvieuse ce qui ne permet pas à la culture d'exprimer tout son potentiel productif.

CONCLUSION

La présente évaluation de la diversité de 88 accessions a permis à travers nos résultats de mieux comprendre la variabilité du voandzou cultivé au Burkina Faso. La connaissance de cette diversité permet de déceler les potentiels agromorphologiques des différents géotypes pouvant contribuer à l'amélioration de la culture du voandzou, au Burkina Faso. Pour ce qui est de la description de la diversité, au terme de la méthodologie appliquée, une grande variabilité a été observée au sein de la collection. Cette diversité a été structurée en quatre groupes. La première hypothèse selon laquelle il existe une grande diversité au sein de la collection du voandzou est donc vérifiée. Pour ce qui est de l'identification des accessions à haut rendement, les accessions du groupe 4 ont eu les bonnes performances agromorphologiques. Ainsi, la deuxième hypothèse qui est celle de l'existence des accessions à haut rendement est également vérifiée. Egalement, la structuration des accessions en groupes et les caractéristiques de ces groupes pourraient être utilisées par le sélectionneur afin de proposer aux producteurs des variétés répondant au mieux à leurs besoins. Pour contribuer de manière efficiente à la mise en place de variétés adaptées aux conditions climatiques actuelles répondant aussi aux besoins des producteurs, il serait préférable de faire des tests multi-locaux (les trois zones climatiques) afin de déterminer les réels facteurs environnementaux sur le niveau et la structuration de la diversité du voandzou. L'étude de la variabilité agro morphologique constitue la première étape de l'évaluation de la diversité génétique d'une espèce. Toutefois, elle ne permet pas de déterminer de manière efficace la diversité d'une espèce car elle dépend des facteurs biotiques et abiotiques. Une étude de diversité par des marqueurs moléculaires pourrait donner plus d'informations sur le niveau de diversité génétique du voandzou, non révélées par la présente étude. Le développement de la culture du voandzou et son intégration aux principales cultures du pays contribuera non seulement à une conservation de l'agrobiodiversité mais aussi à la résolution de l'insécurité alimentaire pour ses éventuelles potentielles alimentaires et nutritionnelles.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Abu H.B., Buah S.S., 2011.** Characterization of Bambara Groundnut Landraces and Their Evaluation by Farmers in the Upper West Region of Ghana. *Journal of Developments in Sustainable Agriculture*. 6: 64-74
- Amadou H. I., Agali A., Sani D. O., Souleymane B. K., 2018.** Variabilité Morphologique Et Agronomique Des Morphotypes De Voandzou (*Vigna Subterranea* (L.) Cultivés Dans La Zone Sahélienne Du Niger. Vol.14, No.36 ISSN: 1857-7881 (Print) e - ISSN 1857-7431
- Amadou H. I., Yacoubou B., Zoubeirou A. M., Ali D., Ibrahim M. B., 2014.** Diagnostic participatif de la diversité de morphotypes et des connaissances locales en matière de culture du Voandzou (*Vigna Subterranea* L.) au Niger. ISSN 2028-9324 Vol. 9 No. 4, pp. 1915-1925
- Amadou H.I., Doumma A., Katsileros A., Zoubeirou A.M., Nourou S.S.M, 2015.** “Agromorphological variability in fourteen bambara groundnut (*Vigna subterranea* (L.) Verdc.) morphotypes cultivated in Niger. Scholars. *Academic Journal of Biosciences*. 3(9) :774-781
- Anyika J.U., Obizola I.C., Nwamarah J.U, 2009.** Effect of processing on the protein quality of African Yam bean and Bambara groundnut supplemented with sorghum or crayfish in rats. *Pakistan Journal of Nutrition*, 8: 1623 - 1628.
- Ayo J.A, Ayo V.A, Popoola C, Omosebi M, Joseph L, 2014.** Production and evaluation of malted soybean-acha composite flour bread and biscuit. *Afr. J. Food Sci. Technol.* 5(1):21-28.
- 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.
- Baa-Poku F., Ayivor J. S., Ofori B. D, 2020.** Changing Agricultural Practices and Indigenous Food Crops in the Upper Afram Basin of Ghana. *Ghanaian Journal of Agricultural Sciences* 55(1) : 65-74.
- Bado B. V., 2002.** Thèse sur : *Rôle des légumineuses sur la fertilité des sols ferrugineux tropicaux des zones guinéenne et soudanienne du Burkina faso*.183 pp.
- Baudoin J. P., Mergeai G., 2001.** Les légumineuses à graines, Voandzou (*Vigna subterranea* (L.) Verdc.). In : *Agriculture en Afrique Tropicale, Direction Générale de la Coopération Internationale (DGCI), Rue des Petits Carmes, 15-Karmelietenstraat 15, B1000 Bruxelles, Belgique*, pp. 397-403.
- Begemann F., 1988.** Ecogeographic Differentiation of Bambara Groundnut (*Vigna subterranea*) in the Collection of the International Institute of Tropical Agriculture (IITA). *Wissenschaftlicher Fachverlag Dr Fleck, Niederkleen*, pp. 153.

- Berchie JN, Opouka M, Adu-Dapaah H, Agyemang A, Sarkodie-Addo J, Asare E, Addo J, Akuffo H., 2012.** Evaluation of five bambara groundnut (*Vigna subterranea* (L.) Verdc.) landraces to heat and drought stress at TonoNavrongo, Upper East Region of Ghana. *African Journal of Agricultural Research*, 7(2): 250-256. DOI: 10.5897/AJAR11.817
- Bertrand W-B., David A., Jacques H.D., Guiwa M.G., 2021.** Evaluation des effets des doses de mycorhizes sur les paramètres de croissance et de la production de trois variétés de Voandzou dans la localité de Dschang, Ouest Cameroun. *European Scientific Journal, ESJ*, 17(17), 213. <https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n17p213>.
- Bonnet B., Chotte J.-L., Hiernaux P., Ickowicz A., Loireau M., coord., 2024.** Désertification et changement climatique, un même combat ? éditions *Quæ, Versailles*, 128 p.
- Bonny S. B. et Djè Y., 2011.** Variabilité morphologique et agronomique des variétés traditionnelles de voandzou [*Vigna subterranea* (L.) verdc. (Fabaceae)] de Cote d'Ivoire. *J. Appl. Biosci.* 41 : 2820 - 2835 ISSN 1997–5902.
- Brink M., Grubben G. J. H., Belay G., Agrooh., 2006.** Ressources végétales de l'Afrique tropicale 1 : Céréales et légumes secs. Edition M. Brink. Wageningen University, P.O. Box 341, 6700 AH Wageningen, Netherlands, 328 p.
- Cirad-Gret., 2002.** Mémento de l'agronome. Centre technique de Coopération agricole et rurale ACP-UE. BP 380 Pays Bas. Pp 875-876.
- DAFF, 2016.** Bambara groundnuts (*Vigna subterranea* (L.) Verdc.)-Production guideline. DAFF.
- Dalziel J.M., 1935.** Voandzeia Thou. Ln: The useful plants of west tropical Africa. Crown Agents, London. Pp 269 – 271.
- Dansi A, Vodouhè R, Azokpota P, Yedomonhan H, Assogba P, Adjatin A, Loko YL, Dossou-Aminon I, Akpagana K., 2012.** Diversity of the Neglected and Underutilized Crop Species of Importance in Benin. *The Scientific World Journal*, 932-947. DOI :10.1100/2012/932947
- DGESS/MARAH., 2022.** Tableau de bord statistique de l'agriculture, des ressources animales et halieutiques 2021.
- Diallo K. S., Koné K. Y., Soro D., Assidjo N. E., Yao K. B., Gnakri D., 2015.** Caractérisation biochimique et fonctionnelle des graines de sept cultivars de voandzou [*vigna subterranea* (L.) verdc. Fabaceae] cultivés en côte d'ivoire. Édition vol.11, No.27 ISSN : 1857 – 7881 (Print) e - ISSN 1857- 7431.
- Dike M.C., 1997.** Effect of insect pests on pod and seed yields of Bambara groundnut, *Vigna subterranea* L. verdc in Nigeria. *International Journal of Pest Manage*, 43: 191-192.

- Djè Y., Bonny B. S., Bi I. A. Z., 2005.** Observations préliminaires de la variabilité entre quelques morphotypes de voandzou (*Vigna subterranea* L. Verdc., Fabaceae) de Côte d'Ivoire. *Biotechnol., Agron., Société et Environ* 9, 1-16.
- DPP/ARC, 2011.** "Production guideline for Bambara groundnuts". DAIS/DAFF, Pretoria, South Africa, 11p.
- Drabo I., Sereme P., Dabire C., 1997.** Conservation and improvement of Bambara groundnut (*Vigna subterranea* (L.) Verdc.). Country reports. In: *Heller J, Begemann F, et Mushonga J, Eds.* BP 550 Hararé, Zimbabwe. Pp. 19-26.
- Duteurtre G., Dieye P.N., 2010.** Agriculture sénégalaise à l'épreuve du marché, books.google.com, pp 408- 414.
- FAO., 2018.** COMITÉ DE L'AGRICULTURE, Vingt-sixième session : Espèces végétales négligées et sous-utilisées ; Rome, 1er-5 octobre 2018
- FAO., 1982.** Legumes. In: Human nutrition. FAO Food and Nutrition Paper, no. 20.FAO, Rome, Italie, 46 p.
- FAOSTAT, 2018.** Crop production. Fao, <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>.
- FAOSTAT, 2022.** Bambara Beans, Dry. Available online: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL> (accessed on 6 May 2024).
- Floquet A., Mongbo R., Yorou G., 2005.** La rentabilité économique du voandzou et les changements préconisés. Proposition pour un système durable d'approvisionnement en intrant agricole des producteurs de filières autre que le coton, CRPA (Centre Régional de Promotion Agricole), Benin, pp.106-107.
- Fontès J., Guinko S., 1995.** Carte de la végétation et de l'occupation du sol du Burkina Faso. Note explicative. Toulouse : Ministère de la coopération française (France) : 53 p.
- Gbaguidi A. A., Dossou-Aminon I., Agre A. P., Dansi A., Rudebjer P., Hall R., Vodouhe R., 2016.** Promotion de la chaîne des valeurs des espèces négligées et sous utilisées au Bénin : cas du voandzou (*Vigna subterranea* L. Verdc.). *Int. J. of Neglected and Underutilized Species* 2: 19-32
- Gbaguidi A.A., Faouziath S., Orobiyi A., Dansi M., Akouegninou B. A., Dansi A., 2015.** Connaissances endogènes et perceptions paysannes de l'impact des changements climatiques sur la production et la diversité du niébé (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) et du voandzou (*Vigna subterranea* (L.) Verdc.) au Bénin. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 9(5) : 2520-2541.
- Gianinazzi- Pearson V., Diem HG., 1982.** Endomycorhizes sous les tropiques. Microbiologie des sols et des plantes tropicales- Springer.

- Goli A. E., 1997.** Conservation and improvement of bambara groundnut (*Vigna subterranea* (L.) Verdc). Harare, Zimbabwe. Bibliographical Review. In: *Heller J, Begemann F, and Mushonga J, Eds.*, pp. 4-10.
- Gomgnimbou APK, Nacro HB, Sanon OH, Sieza I, Kiendrebeogo T, Sedogo MP, Martinez J., 2014.** La gestion des déjections animales dans la zone périurbaine de Bobo Dioulasso (Burkina Faso) : structure des élevages, perception de leur impact environnemental et sanitaire, perspectives. *Cah Agric* 23: 393-402. Doi: 10.1684/agr.2014.0724
- Gueye M., Bordeleau M., 1988.** Nitrogen fixation in bambara groundnut, *Voandzeia subterranea* (L) Thouars. *MIRCEN Journal*, 1988, 4, 365-375.
- Hama-Ba F., Siedogo M., Ouedraogo M., Dao A., Dicko H. M., B. Diawara, 2017.** Modalités de consommation et valeur nutritionnelle des légumineuses alimentaires au Burkina Faso. *Afr. J. Food Agric. Nutr. Dev.* 2017; 17(4): 12871-12888.
- Hanelt P., 2001.** Leguminosae subfamily (Fabaceae). In: *Mansfield's Encyclopaedia of Agricultural and Horticultural Crops 2: Eds. Hanelt P, Springer, Berlin, Germany.* Pp 635 – 957.
- Heller J., Begemann F., Mushonga J. (eds.), 1997.** Bambara groundnut (*Vigna subterranea* (L.) Verdc.). Promoting 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), Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben/Department of Research & Specialist Services, Rome (Italy).
- Hillocks R. J., Bennett C., Mponda O.M., 2012.** Bambara nut: a review of utilization, market potential and crop improvement. *African Crop Science Journal*, Vol. 20, No. 1, pp. 1- 16.
- IPGRI/IITA/BAMNET, 2000.** Descriptors for bambara groundnut: 48, Rome, Italy.
- Kadima N., 2006.** *Profil du sous-secteur des légumineuses à graines en République Démocratique du Congo.* FAO, Viale delle Terme di Caracalla, 00153 Rome, Italie. Pp. 40-41.
- Kambou D. J., Nandkangré H., Ouoba A., Konaté. M. N., Sawadogo N., Ouédraogo M., Sawadogo M., 2020.** Agro-morphological characterization of Bambara nut accessions [*Vigna subterranea* (L) Verdcourt] from Burkina Faso. *Journal of Applied Biosciences*, 153, 15727-15744.
- Karikari K.S., 2000.** Variability between local and exotic bambara groundnut landraces in Botswana. *African Crop Science Journal*, 8 :153-157.
- Koné M., Paice A.G., Touré Y., 2011.** Bambara Groundnut [*Vigna subterranea* (L.) Verdc. (Fabaceae)] Usage in human health. In Preedy: V. R., Watson R. R., Patel V. B. (Editors), *Nuts & Seeds in Health and Disease Prevention* (1 st ed.). Pp 189- 196.

- Lagacé M., 2015.** La valorisation des cultivars sous-utilisés dans un contexte de changements climatiques ; potentiel et intégration stratégique, maître en écologie internationale (M.E.I.), 124p.
- Linnaeus C., 1763.** Species Plantarum, Vol. 2, 2nd ed. Impensis Laurentius Salvii, Stockholm, Suède, 1023p.
- Linnemann A. R., Westphal E., Wessel M., 1995.** Photoperiod regulation of development and growth in bambara groundnut (*Vigna subterranea*). *Field Crops Res* 40, 39-47.
- Madou C., Watching D., Vatsou J., Ardjoune F., Ndjouenkeu R., Goudoum A., Ngassoum M. B., Ngamo T. S. L., 2018.** Pratiques paysannes de production durable des graines de voandzou [*Vigna subterranea* (L.) verdc.] pour la sécurité alimentaire dans le Cameroun septentrional. Vol.14, no.18 ISSN : 1857 – 7881 (Print) e - ISSN 1857- 7431.
- Marcgrav de Liebstad G., 1648.** Historiae Rerum Naturalium Brasiliae. Libri Octo. Jeticuluseu Radix Mechoacan, Mandubi, Innominata 1 (29), 43-44.
- Maréchal R., Mascherpa J.M., Stainier F., 1978.** Etude taxonomique d'un groupe complexe d'espèces des genres Phaseolus et Vigna (Papilionaceae) sur la base de données morphologique et pollinique, traitées par l'analyse informatique. *Boissiera*, 28 : 177-178.
- Massawe F.J., Mwale S.S., Azam-Ali S.N., Roberts J.A., 2005.** Breeding in Bambara groundnut (*Vigna subterranea* (L.) Verdc.): Strategic considerations Tropical Crops Research Unit. *African Journal of Biotechnology*, 4: 463-471.
- Mc Lachlan G. M., 1992.** Discriminant Analysis and Statistical Pattern Recognition, New York, Wiley.
- McGown J., 2006.** Cosmetics from biodiversity. Ln: Burrows B. eds. OUI of Africa: Mysteries of Access and Benefit Sharing. Edmonds Institute in cooperation with African Centre for Biosafety. USA. Pp 13- 18.
- Nacoulma-Ouédraogo O., 1996.** *Plantes médicinales et pratiques traditionnelles au Burkina-Faso : cas du plateau central.* Thèse de Doctorat ès Sciences Naturelles, Université de Ouagadougou, Burkina Faso.
- Nadembèga S., 2016.** *Production vivrière et sécurité alimentaire au Burkina Faso : Cas du voandzou dans trois communes des trois zones agroécologiques.* Diplôme de Master 2, Université Catholique de l'Afrique de l'Ouest, Bobo Dioulasso, 90p.
- Nambou B., 1997.** Bambara groundnut. In: *Heller J, Begemann F, et Mushonga J, Eds.* Conservation and improvement of bambara groundnut (*Vigna subterranea* (L.) Verdc.). Harare, Zimbabwe, pp. 59-63.

- Nandkangré H., Ouédraogo M., Sawadogo M., Bado S, Sawadogo N, Ouoba A., Konaté M.N., 2016.** Morphometric and agronomic characterization of 56 ginger landraces in Burkina Faso. *Journal of Applied Biosciences* 100 :9545 – 9556.
- Ndiang Z, Bell J M, Missoup A D, Fokam P E et Amougou A., 2012.** Étude de la variabilité morphologique de quelques variétés de voandzou [*Vigna subterranea* (L.) Verdc] au Cameroun. *Journal of Applied Biosciences* 60: 4410– 4420
- Onwubiko N.I.C., Odum O.B., Utazi C.O., Poly-Mbah P.C., 2011.** Studies on the adaptation of Bambara Groundnut [*Vigna Subterranea* (L.) Verdc] in Owerri Southeastern Nigeria. *New York Science Journal*, 4(2) :60-67.
- Oto E., Akromah R., Kololesnikova-Allen M., Asiedu R., 2009.** Ethno-botany and morphological characterisation of the yampona complex in Ghana. *Afr Crop Sci Conf Proc* 9 :407–414
- Ouédraogo M., Ouedraogo T.J., Tignere J.B., Balma D., Dabire B.C., Konate G., 2008.** Characterization and evaluation of accessions of Bambara groundnut. *Sci. Nat.*, 5(2), pp. 191–197.
- Ouédraogo M., Pauline K., Zoro B. I. J., 2008.** Résultats sur la dynamique phenotypique interannuelle des graines de voandzou. *Science et technique. Sciences naturelles et agronomie*, 30(2), pp. 67–74.
- Ouédraogo M., Zagré M. B., Jorgensen S. T., Liu F., 2012.** Effect of mounding times on yield of bambara groundnut (*Vigna subterranea* (L.) Verdc.) landraces in SahelBurkina Faso. *African Journal of Agricultural Reseach*, 7(32), p.4505-4511.
- Ouedraogo O.G., 1996.** *Plantes médicinales et pratiques médicales traditionnelles au Burkina Faso ; cas du plateau central.* Thèse de Doctorat, Faculté des Sciences et Techniques de l'Université de Ouagadougou, 266p.
- Ouoba A., Nadembega S., Konaté M. N., Hervé Nandkangré., Ouédraogo M., Sawadogo M., 2018.** Variabilité de la coloration du tégument des grains de voandzou cultivées au Burkina Faso et les noms locaux associés. Vol.14, No.33 ISSN : 1857–7881 (Print) e - ISSN 1857- 7431.
- Ouoba A., Sawadogo N., Ouédraogo M.H., Nandkangré H., Konaté M.N., Zida E.P., Soalla R.W., Ouédraogo M., Sawadogo M., 2019.** Phenotyping of bambara groundnut landraces for resistance to *Macrophomina phaseolina* (Tassi) goidnich. *Intl. J. Agric. Biol.*, 21: 547-552.
- Ouoba A., Ouédraogo M., Sawadogo M., Nadembèga S., 2016.** Aperçu de la culture du voandzou (*Vigna subterranea* (L.) Verdcourt) au Burkina Faso : enjeux et perspectives d'amélioration de sa productivité. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 10(2) : 652-665.
- Ouoba A., Zida S. F., Ouédraogo M., Nandkangré H., Ouédraogo H. M., Nanéma R. K., Sawadogo N., Zida E. P., Konaté M. N., Congo A. K., Soalla R. W., Sawadogo M., 2017.**

Assessment of genetic diversity in Bambara groundnut (*Vigna subterranea* (L.) Verdcourt) landraces in Burkina Faso using microsatellite markers (SSR). *Agric. Sci. Res. J.*, 7(3): 96 – 100.

Pallo F.J.P., Sawadogo N., 2010. Essai de corrélation entre les caractéristiques du climat, de la végétation et des sols au Burkina Faso. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 4(5) : 1839-1850.

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 4e colloque national. Le patrimoine génétique : la diversité et la ressource. La Châtre, 14-16 octobre 2002. Bureau des ressources génétiques 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.

Sankara F., Gondé Z., Sanou A. G., Somda I., 2016. Diagnostic participatif des pratiques paysannes post-récolte et des contraintes de stockage de deux légumineuses cultivées dans la région des Hauts-Bassins du Burkina : cas du niébé, *Vigna unguiculata* (L.) Walp. et du voandzou (*Vigna subterranea* (L.) Verdc. *International Journal of Innovation and Applied Studies* pp. 646-656. <http://www.ijias.issr-journals.org/>.

Scharen A.L., Krupinsky J.M, Reid D.A., 1983. Photosynthesis and yield of awned versus awnless isogenic lines of winter barley. *Canadian Journal of Plant Sciences* 63 (2),349-355.

SUSTLIVES, 2023. Analyse des politiques et des cadres règlementaires actuels concernant les espèces négligées et sous-utilisées (NUS) au Burkina Faso et au Niger. Agence italienne pour la coopération au développement (AICS), Ouagadougou (Burkina Faso) & Centre international de hautes études agronomiques méditerranéennes (CIHEAM-Bari), Valenzano (Bari, Italie).

Tadele Z., 2009. “New Approaches to Plant Breeding of Orphan Crops in Africa: Proceedings of an International Conference”, 19-21 September 2007. Bern, Switzerland, ISBN 978-3-033- 02012-2, 299p.

Taffouo V.D., Wamba O.F., Akoa N.G., 2010. Growth, Yield, Water Status and Ionic Distribution Response of three Bambara Groundnut (*Vigna subterranea* (L.) Verdc.) Landraces Grown under Saline Conditions. *International Journal of Botany*, 6(1): 5358.

Tanimu B., Aliyu L., 1997. Country report. Northern Nigeria. In Bambara groundnut (*Vigna subterranea* (L.) Verdc.). Promoting 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; 45- 49.

- Temegné N.C., 2018.** *Amélioration des performances du voandzou (Vigna subterranea (L.) Verdc.) en réponse à la carence en phosphate par la fertilisation chimique et biologique.* Thèse de Doctorat en Biologie des Organismes Végétaux, Université de Yaounde , Cameroun.
- Tiryaki G. Y., Cil A., Tiryaki I., 2016.** Revealing Seed Coat Colour Variation and Their Possible Association with Seed Yield Parameters in Common Vetch (*Vicia sativa* L.) *Int. J. Agron. Volume 2016*, Article ID 1804108, 10 pages.
- Yang K., Jeong N., Moonetal J. K., 2010.** Genetic analysis of genes controlling natural variation of seed coat and flower colors in soybean. *J. Hered.* 101 (6), 757–768
- Touré Y., 2007.** *Evaluation de quelques caractères agromorphologiques de quatre races locales de Voandzou (Vigna subterranea (L.) Verdc., Fabaceae).* Mémoire de maîtrise, UFRSN de l'Université d'Abobo-Adjamé, 38 p.
- Toure Y., 2016.** *Caractérisation agro morphologique des morphotypes de voandzou [Vigna subterranea (L.) Verdc. (Fabaceae)] cultivés dans deux régions aux caractéristiques climatiques et pédologiques contrastées de la Côte d'ivoire.* Thèse de Doctorat de l'Université Nangui Abrogoua, 325 p.
- Touré Y., Koné M., Silué S., Yatty J.K., 2013.** Prospection, collecte et caractérisation agromorphologique des morphotypes de voandzou [*vigna subterranea* (L.) verdc. (Fabaceae)] de la zone savanicole en Côte d'Ivoire. *European Scientific Journal*, 9 (24) : 308.
- Trisos C.H., Adelekan I.O., Totin E., Ayanlade A., Efitre J., Gameda A., Kalaba K., Lennard C., Masao C., Mgay Y., Ngaruiya G., Olago D., Simpson N.P., Zakieldeem S., 2022.** Africa. In: *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, pp. 1285–1455, doi :10.1017/9781009325844.011.
- Verdcourt B., 1980.** The correct name for the Bambara groundnut. *Kew Bull*, 35 (3): 474.
- Wilson E.O. (dir.), Peter F.M., 1988.** *Biodiversity*, National Academy Press, Washington, 521 p.

ANNEXES

Annexe 1: Liste des accessions et leur origine.

N°	Accessions	Provinces	Site de collecte
1	BENV2	Bénin	Bénin
2	BENV3	Bénin	Bénin
3	BGod1	Bazèga	Godin
4	BGod3	Bazèga	Godin
5	BGou1	Bazèga	Goundrin
6	BNid1	Boulkiemdé	Nidaga
7	BNid4	Boulkiemdé	Nidaga
8	BNid6	Boulkiemdé	Nidaga
9	BPbi12	Boulkiemdé	Pelbilin
10	BPbi3	Boulkiemdé	Pelbilin
11	BPbi9	Boulkiemdé	Pelbilin
12	BPlé1	Boulkiemdé	Pella
13	BPlé2	Boulkiemdé	Pella
14	GMog1	Ganzourgou	Mogtédó
15	GMog2	Ganzourgou	Mogtédó
16	GMog3	Ganzourgou	Mogtédó
17	HBbo4	Houet	Bobo-Dioulasso
18	KKbr1	Kadiogo	Koubri
19	KKou2	Kouritenga	Koupèla
20	KKou3	Kouritenga	Koupèla
21	KLay13	Kourwéogo	Laye
22	KLay14	Kourwéogo	Laye
23	KLay15a	Kourwéogo	Laye
24	KLay15b	Kourwéogo	Laye
25	KLay16	Kourwéogo	Laye
26	KLay17	Kourwéogo	Laye
27	KLay18	Kourwéogo	Laye
28	KLay2	Kourwéogo	Laye

29	KLay20	Kourwéogo	Laye
30	KLay21	Kourwéogo	Laye
31	KLay22	Kourwéogo	Laye
32	KLay25	Kourwéogo	Laye
33	KLay26	Kourwéogo	Laye
34	KLay27	Kourwéogo	Laye
35	KLay30	Kourwéogo	Laye
36	KLay31	Kourwéogo	Laye
37	KLay43	Kourwéogo	Laye
38	KLay44	Kourwéogo	Laye
39	KLay50	Kourwéogo	Laye
40	KLay51	Kourwéogo	Laye
41	KLay54	Kourwéogo	Laye
42	KLay58	Kourwéogo	Laye
43	KLay60	Kourwéogo	Laye
44	KLay67	Kourwéogo	Laye
45	KLay68	Kourwéogo	Laye
46	KLay69	Kourwéogo	Laye
47	KLay71	Kourwéogo	Laye
48	KLay72	Kourwéogo	Laye
49	KLay9	Kourwéogo	Laye
50	KNed1	Kadiogo	Needogo
51	KNed2	Kadiogo	Needogo
52	KNed5	Kadiogo	Needogo
53	KNed6	Kadiogo	Needogo
54	KSag11	Kourwéogo	Sagla
55	KSag12	Kourwéogo	Sagla
56	KSag13	Kourwéogo	Sagla
57	KSag17	Kourwéogo	Sagla
58	KSag22	Kourwéogo	Sagla
59	KSag23	Kourwéogo	Sagla

60	KSag4	Kourwéogo	Sagla
61	KSag5	Kourwéogo	Sagla
62	KSag6	Kourwéogo	Sagla
63	KSag7	Kourwéogo	Sagla
64	KTog2	Kourwéogo	Toeghen
65	KTog5	Kourwéogo	Toeghen
66	NIGV3	Niger	Niger
67	ODap1	Oubritenga	Dapelogo
68	ODap2	Oubritenga	Dapelogo
69	OKog3	Oubritenga	Kolgondiéssé
70	OLou1	Oubritenga	Loumbila
71	OLou4	Oubritenga	Loumbila
72	OSog2	Oubritenga	Sogpelcé
73	OSog4	Oubritenga	Sogpelcé
74	SDyr1	Sanguié	Dydir
75	SDyr2	Sanguié	Dydir
76	SDyr3	Sanguié	Dydir
77	SDyr5	Sanguié	Dydir
78	SDyr7	Sanguié	Dydir
79	SLeo1	Sissili	Léo
80	SLeo2	Sissili	Léo
81	SLeo4	Sissili	Léo
82	SLeo6	Sissili	Léo
83	ZMag2	Zoundwéogo	Manga
84	ZMag3	Zoundwéogo	Manga
85	ZMag4	Zoundwéogo	Manga
86	ZMag5	Zoundwéogo	Manga
87	ZMag6	Zoundwéogo	Manga
88	ZMag7	Zoundwéogo	Manga

Annexe 2: Fiche d'observation des caractères de Voandzou

Bloc..... Sous-bloc..... Ligne..... Code.....

Caractères quantitatifs	P1	P2	P3	P4	P5
Nombre de jours à 50% floraison					
Nombre de jours à 95% de maturité					
Hauteur de la plante à la floraison					
Diamètre du feuillage					
Nombre de tiges					
Largeur de la feuille					
Longueur de la feuille					
Nombre de gousses par plante					
Poids frais des gousses par plante					
Poids sec des gousses par parcelle élémentaire					
Poids des graines par parcelle élémentaire					
Longueur de la graine					
Largeur de la graine					

Caractères qualitatifs	P1	P2	P3	P4	P5
Présence d'anthocyanine sur les tiges					
Présence d'anthocyanine sur les pétioles					
Couleur de la gousse mature					
Forme de la gousse mature					
Couleur de la graine					
Forme de la graine					
Présence de l'œil					
Apparence de l'œil					
Présence de nodules					

Cas d'attaques :

Décrire les symptômes (Photo à l'appui)

.....

Présence de ravageurs : Oui () Non ()

Décrire le/les ravageur(s) identifié(s) (Photo à l'appui)

.....

