
Institut des Sciences de
l'Environnement et du
Développement rural
(ISEDR)



La Patrie ou la Mort, nous Vaincrons

Numero d'ordre 08

Memoire de fin de cycle

Présenté par ZAMBI Bauniface

Pour l'obtention du

**DIPLOME D'INGENIEUR EN SCIENCES DE L'ENVIRONNEMENT
ET DU DEVELOPEMENT RURAL**

Option : Agronomie

Thème

**Caractérisation agromorphologique d'une collection de Voandzou [*Vigna
subterranea* (L.) *Verdcourt*] à l'Ouest du Burkina Faso.**

Soutenu le 8/05/2025

Devant le jury compose de :

**Président : Dr Lambienou YE, Maitre de Conférence, Université Daniel OUEZZIN
COULIBALY**

**Examineur : Dr ZONGO Adama, Maitre-Assistant, Université Daniel OUEZZIN
COULIBALY**

**Directeur de mémoire : Dr Antoine BARRO, Maitre de Conférences, Université
Daniel OUEZZIN COULIBALY**

**Co-directeur de mémoire : Dr Mariam KIEBRE, Maitre Assistante, Université
Joseph KI-ZERBO**

Tables des matières

DEDICACE	ii
REMERCIEMENTS	iii
Sigles et abréviations	vi
Résumé.....	vii
Abstract.....	viii
INTRODUCTION	1
CHAPITRE I : GENERALITES SUR LA CULT URE DU VOANDZOU	4
1.1. Taxonomie du Voandzou.....	4
1.2. Origine géographique.....	4
1.3. Domestication et dispersion du voandzou.....	5
1.4. Ecologie du voandzou.....	5
1.5. Description de la morphologie du voandzou.....	6
1.5.1. Description de l'appareil végétatif du voandzou.....	6
1.5.2. Description de l'appareil reproducteur du voandzou.....	7
1.6. Pratiques culturelles réservées au voandzou.....	9
1.6.1. Pratiques liées au genre.....	9
1.6.2. Calendrier culturel du voandzou.....	10
1.6.2.1. Opérations culturelles.....	10
1.7. Mode d'usage du voandzou.....	12
1.7.1. Pratiques agroécologiques.....	12
1.7.2. Valeurs nutritionnelles.....	12
1.7.3. Rôles socio-économiques du voandzou.....	13
1.7.3.2. Rôle médicinaal.....	13
1.7.3.3. Rôle économique.....	13
1.8. Difficultés liées à la production du voandzou.....	14
1.8.1. Contraintes techniques.....	14
1.8.2. Contraintes biotiques.....	15
1.8.3. Contraintes abiotiques.....	16
1.9. Lutte contre les espèces nuisibles du voandzou.....	16
1.9.1. Conservation des graines.....	17
1.10. Situation actuelle du voandzou au Burkina Faso.....	17
CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES	20
2.1. Présentation de la zone d'étude.....	20
2.2. Matériel.....	21

2.2.1.	Matériel végétal.....	21
2.3.	Méthodes	22
2.3.1.	Dispositif expérimental.....	22
2.3.2.	Opérations culturales	23
2.3.3.	Collecte des données.....	23
2.4.	Analyses statistiques.....	24
CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSION.....		26
3.1.	Résultats	26
3.1.1.	Analyse de la variabilité agromorphologique de la collection de Voandzou étudiée 26	
3.1.1.1.	Variation liées aux caractères qualitatifs.....	26
3.1.1.2.	Variation des caractères quantitatifs	29
3.1.1.3.	Corrélations entre les caractères quantitatifs	31
3.1.1.4.	Association des caractères.....	32
3.1.1.5.	Structuration de la diversité agromorphologique des accessions.....	33
3.2.	Discussion	35
CONCLUSION ET PERSPECTIVES.....		38
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES		39
ANNEXES.....		45

DEDICACE

A mes chers parents,

Lanou ZAMBI et Marcelas DIBIA

REMERCIEMENTS

Le présent document est le résultat d'un stage de six mois au cours duquel, nous avons eu l'honneur de bénéficier de la grâce de Dieu et l'éclairage de plusieurs personnes à l'endroit de qui nous traduisons nos sincères remerciements. Plus qu'une formalité, ces remerciements constituent pour nous un acte de profonde reconnaissance à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'aboutissement de ce travail. Nous tenons particulièrement à manifester toute notre profonde gratitude :

- au Pr Aboudramane GUIRO, Professeur Titulaire, Président de l'Université Daniel OUEZZIN COULIBALY, pour l'importance accordée à la formation ;
- à Dr SERE Modou, **Directeur de ISEDR** pour sa loyauté et son engagement pour la réussite de cette formation,
- à Dr ZONGO Adama, **Directeur Adjoint de ISEDR** pour son abnégation, son esprit de patriotisme et son devoir bien accompli,
- au Dr Antoine BARRO, Maître de Conférence en génétique et amélioration des plantes à l'Université Daniel OUEZZIN COULIBALY, notre **Directeur de mémoire**, pour son encadrement scientifique, ses critiques, ses conseils et pour ses multiples soutiens;
- au Dr Mariam KIEBRE, Maître assistante à l'Université Joseph KI-ZERBO, **notre co-Directrice de mémoire**, pour l'importance accordée à ce travail, ses conseils, ses critiques, ses suggestions et encouragements ;
- au Dr Boukaré KABORE, Chargé de recherche au CNRST/INERA Farako-Bâ, notre maître de stage, pour son encadrement scientifique, son accompagnement, ses critiques, ses conseils et surtout ses encouragements. Nous lui sommes très reconnaissants pour sa simplicité, sa disponibilité ;
- à l'ensemble du corps professoral de l'Université Daniel OUEZZIN COULIBALY, pour la qualité de la formation reçue ;
- au Dr Omer S. 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 Dr Patrice BALMA, pour sa contribution à l'amélioration de la qualité scientifique de notre travail ;
- aux membres du jury, nous vous disons merci pour l'intérêt apporté à notre travail, vos critiques et suggestions sont les bienvenues afin d'amélioration de la qualité scientifique du document ;

- à M. Salia TRAORE, Ouvrier agricole et à son équipe qui ont participé aux activités de mise en place de notre essai;
- à notre frère NIAMBA Lamifo Abdoul Aziz, pour ses soutiens multiformes ;
- à nos camarades stagiaires, pour leur sympathie, leur esprit d'ouverture et leur collaboration ;
- à tous nos camarades de la promotion 2021-2023 pour l'esprit d'équipe et de famille ;
- à nos chers parents pour leur amour et soutien inconditionnels et indéfectibles.
- Ce travail a été réalisé grâce au financement du projet « SUSTLIVES » qui a pour objectif de Soutenir et valoriser le patrimoine de cultures locales au Burkina Faso et au Niger pour l'amélioration des conditions de vie et des écosystèmes. Nous remercions sincèrement le personnel du projet « SUSTLIVES », pour leur soutien et leur engagement pour le travail bien fait.

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I: Classification du voandzou	4
Tableau II Composition nutritionnelle de 100 g de voandzou	13
Tableau III: Les accessions et leur zone de collecte.....	21
Tableau IV: Résultats de l'analyse de variance des 12 caractères quantitatifs des 199 accessions de voandzou étudiées	29
Tableau V: Matrice de corrélation (Pearson (n)) entre les paramètres de diversité.....	31
Tableau VI: Contributions des variables à l'association des caractères quantitatifs.....	32
Tableau VII Distances entre les objets centraux.....	Erreur ! Signet non défini.
Tableau VIII: Synthèse (Moyenne) des groupes	Erreur ! Signet non défini.

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Système racinaire du voandzou	6
Figure 2 : Appareil végétatif (tige et feuilles) du voandzou.....	7
Figure 3 : Apparition des fleurs chez la plante de voandzou	8
Figure 4 : gousses et graines de voandzou	9
Figure 5 : Carte représentative de la zone d'étude.....	20
Figure 6 : Schéma du dispositif expérimental utilisé	22
Figure 7 : Diagramme représentative de l'effectif des accessions en fonction de la couleur et l'apparence de l'œil sur les graines de voandzou	27
Figure 8 : Diagramme représentative de l'effectif des accessions en fonction de la des mortalités liées aux attaques et a la présence des ravageurs	27
Figure 9 : illustration des couleurs observées sur les graines.....	28
Figure 10 : illustration de l'apparence de l'œil des graines de la collection de voandzou.....	28
Figure 11 : Dendrogramme issu de la CAH les accessions de pois de terre étudiées.....	34

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1: liste des accessions et leur origine	45
Annexe 2: statistique descriptive des paramètres qualitatifs.....	52

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

CV: Coefficient de Variabilité

DeSIRA: Development Smart Innovation through Research in Agriculture

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 phytogénétiques

ISEDR : Institut des Sciences de l'Environnement et du Développement Rural

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

NPK: Azote, Phosphore, Potassium

NUS: Neglected and Underutilised Species

Sustlives: SUSTaining and improvincial crop patrimony in Burkina Faso and Niger for better LIVES and EcoSystems

Résumé

Le voandzou (*Vigna subterranea*(L) *Verdcourt*) est une légumineuse sous exploitée au Burkina Faso. Considéré comme la troisième légumineuse du pays malgré sa qualité nutritionnelle, il est cité parmi les espèces négligées en agriculture et par la recherche. Le potentiel génétique du voandzou est peu exploité et la culture est peu développée dans la zone Ouest du pays. Cette étude a pour objectif d'évaluer la variabilité des caractères agromorphologiques du voandzou afin de pérenniser sa production dans le milieu local de Bobo-Dioulasso. Une expérimentation de 200 accessions paysannes de voandzou a été réalisée à Farako-Ba à cet effet. Le dispositif expérimental utilisé est un bloc de Fisher à trois répétitions. Au total 22 caractères agromorphologiques dont 10 qualitatifs et 12 quantitatifs ont été évalués. Le logiciel XLSTAT Version 2016a servi à l'analyse des données. Ce logiciel a servi aux calculs des moyennes, l'analyse des CV et ACP ainsi que la CAH. L'ACP des accessions a été réalisé par le test de Pearson à un seuil de 5%. Deux modalités ont été obtenues pour la présence d'anthocyanine sur les organes de la plante, la couleur, la forme, la présence de l'œil sur les graines ; huit couleurs et six formes d'apparence de l'œil ont été identifiés à travers l'observation des caractères qualitatifs. Les résultats de l'ANOVA ont montré une différence hautement significative pour 10 caractères quantitatifs et très hautement significative pour les deux autres caractères. L'ACP a révélé 80,55% des caractères exprimés. Cinq groupes d'accessions ont été structurés par la CAH. Le groupe 1 constitué des accessions de hauteur moyenne des plantes (23,74cm), d'un cycle de floraison (37,74 JAS) et de maturité physiologique (95,28 JAS) moyens avec des rendements importants (8,24t/ha) serait propice pour une éventuelle valorisation de la culture du voandzou dans la zone de Farako-Bâ.

Mots clés : Caractérisation, morphologique, agronomique, accessions, voandzou, Burkina Faso

Abstract

Voandzou (*Vigna subterranea*(L) Verdcourt) is an underexploited legume in Burkina Faso. Considered the third largest legume in the country despite its nutritional quality, it is cited as one of the neglected species by research. The genetic potential of the voandzou is little exploited and cultivation is not very developed in the western part of the country. The objective of this study is to evaluate the variability of the agromorphological characteristics of the voandzou in order to sustain its production in the local environment of Bobo-Dioulasso. An experiment of 200 peasant accessions of voandzou was carried out in Farako-Ba for this purpose. The experimental device used is a three-repetition Fisher block. A total of 22 agromorphological traits, including 10 qualitative and 12 quantitative, were evaluated. The results were made available through analyses carried out using the XLSTAT Version 2016 software. This software was used for the calculation of averages, the analysis of CVs and PCAs as well as the CAH. The grouping of accessions was carried out by the Pearson test at a threshold of 5%. Two modalities were obtained for the presence of anthocyanin on the organs of the plant, the color, the shape, the presence of the eye on the seeds; Eight colors and six shapes of appearance of the eye were observed through the observation of qualitative characters. The results of the ANOVA showed a highly significant difference for 10 quantitative traits and very highly significant for the other two traits. The PCA revealed 80.55% of the expressed traits. Five accession groups have been structured by the CAH. Group 1 consisting of accessions of average plant height (23.74 cm), an average flowering cycle (37.74 days) and physiological maturity (95.28 days) with high yields (8.24 t/ha) would be conducive to a possible development of the cultivation of voandzou in the Farako-Bâ area.

Keywords: Characterization, morphological, agronomic, accessions, voandzou, Burkina Faso

INTRODUCTION

Les légumineuses sont une source importante de protéines pour l'alimentation humaine et animale (Haladou *et al.* 2024). Elles contribuent à la fertilisation du sol grâce à leur capacité à fixer l'azote atmosphérique en symbiose avec certaines bactéries du sol appelées rhizobium (Ibrahim *et al.* 2023.). Parmi ces légumineuses, figure le voandzou (*Vigna subterranea*) ou cacahuète sauvage qui est principalement cultivé en Afrique de l'Ouest pour ses graines comestibles, ainsi que pour sa capacité à améliorer la fertilité du sol (Bori *et al.*, 2024). Les graines du voandzou présentent une valeur nutritionnelle élevée, car elles sont riches, en protéines avec une teneur élevée en lysine, en glucides, en éléments minéraux (Calcium, Magnésium, Potassium, Fer, Zinc) et en vitamines (les Vitamines B2, B3, B5, B6, B9) (Gbaguidi *et al.*, 2016). Les feuilles riches en phosphore sont utilisées comme fourrage pour l'alimentation du bétail (Ouoba *et al.*, 2016a). L'association des graines de voandzou avec les céréales constitue un complément nutritionnel pour de nombreuses populations locales qui ne peuvent faire face aux coûts élevés des protéines animales (Haladou *et al.* 2024). En effet, elles fournissent à l'homme des macronutriments (matières grasses, sucres rapides, sucres lents et protéines), des éléments énergétiques bien connus dans les aliments traditionnels et autres substances dites secondaires (micronutriments) qui ont des effets bénéfiques sur la santé (Mbaiogaou *et al.*, 2013). Outre le rôle nutritionnel, les produits dérivés du voandzou tels que la poudre des graines, le jus des feuilles sont utilisés dans la médecine traditionnelle pour traiter la diarrhée, la bilharziose, la trichine (Ouoba *et al.*, 2016a). La culture du voandzou est d'une importance socio-économique considérable pour les agriculteurs à petites échelle. Il constitue une source d'azote résiduel ou engrais vert pour les prochaines cultures. Il est également considéré comme une plante rustique pour sa tolérance à la sécheresse et sa capacité à produire sur les sols peu fertiles avec des rendements moyens allant de 350 à 800 kg/ha (Ouoba *et al.*, 2016a). Selon FAOSTAT, (2016), la production mondiale du voandzou est estimée à 330.000 tonnes dont 45 à 50% sont produits en Afrique de l'Ouest. Les plus grandes productions annuelles qui varient entre 33.000 et 49.000 tonnes ont été obtenues au Niger. La production nationale de voandzou au Burkina Faso était estimée à 57428 tonnes. La région du Nord est la première zone productrice de voandzou du pays (Ouoba *et al.*, 2016a). La culture du voandzou reste confronté à de nombreuses contraintes (techniques, biotiques et abiotiques).

Les contraintes techniques sont le manque d'encadrement technique et de formation des producteurs, les faibles moyens pour accéder aux semences de qualité et financements.

Contraintes biotiques : maladies et ravageurs ;

Contraintes abiotiques : forte humidité, la sécheresse et l'acidité des sols.

Des recherches ont été menées sur le voandzou mais le potentiel génétique de cette plante demeure peu exploré ; très peu d'informations sont disponibles sur sa distribution, sa diversité génétique et sa culture. Pour améliorer la production, et la disponibilité de cette culture, il est nécessaire d'avoir une bonne connaissance des performances agronomiques de ses écotypes. C'est dans cette optique que cette étude a été initiée sur le thème : « Caractérisation agromorphologique d'une collection de Voandzou [*Vigna subterranea* (L.) Verdcourt] à Farako-Bâ au Burkina Faso ». L'objectif général de cette étude est de caractériser la diversité agromorphologique des accessions de voandzou à l'Ouest du Burkina Faso. Il s'agit spécifiquement (i) d'évaluer la variabilité de la collection de Voandzou sur la base des caractères agromorphologiques, (ii) d'évaluer le niveau de la structuration de la collection étudiée et (iii) d'identifier les accessions les plus performantes.

Les hypothèses qui sous-tendent ces objectifs sont les suivantes :

Hypothèse 1 (h1) : une grande variabilité existe au sein des accessions de voandzou étudiées ;

Hypothèse 2 (h2) : différents groupes d'accessions existent au sein de la collection

Hypothèse 3 (h3) : des accessions de voandzou à haut rendement existent au sein de la collection.

Ce document est structuré en trois chapitres. Le premier chapitre précédé d'une introduction, traite des généralités sur le Voandzou. Le deuxième chapitre fait mention du matériel et méthodes utilisées. Le troisième chapitre présente les résultats de l'étude, suivis de la discussion, le tout assorti d'une conclusion et de perspectives de recherche.

**PREMIERE PATRIE: SYNTHESE
BIBLIOGRAPHIQUE**

CHAPITRE I : GENERALITES SUR LA CULTURE DU VOANDZOU

1.1. Taxonomie du Voandzou

Le voandzou, (*Vigna subterranea* (L.) Verdcourt) appartient à la classe des *Magnoliopsida*, à l'ordre des *Léguminosales* et à la famille des *Fabaceae* (Baudoin *et al.*, 2001). La plante aurait été nommée *Glycine subterranea* par Linné en 1763. C'est en 1806 que le voandzou a été découvert à Madagascar par Dupetit sous l'appellation *Voandzeia subterranea* (L.) (Zénabou *et al.* 2012). Une étude menée par Maréchal *et al.* (1978) a montré une similarité entre *Vigna subterranea* (L.) Verdcourt et les espèces du genre *Vigna* d'où le nom *vigna subterranea*. La confirmation donnée de l'étude réalisée par Verdcourt (1980) retient l'appellation actuelle (*Vigna subterranea* (L.) Verdcourt (Coulibaly *et al.*, 2020). Ainsi, la taxonomie du Voandzou se présente comme suit :

Tableau I: Classification du voandzou

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

1.2. Origine géographique

Connu sous l'appellation "Mandubi d'Angola par Marcgrav de Liebstad comme mentionnée dans la littérature au XVIIe siècle (1648), le voandzou (*Vigna subterranea* (L.) Verdc) est une légumineuse à graines originaire d'Afrique (Ouoba *et al.*, 2018b). Son origine probable serait le Nord-Est du Nigeria et le Nord du Cameroun (Mbaiogaou *et al.*, 2013). Sous l'appellation « pois bambara » ou Tigani-kourou en langue bambara, l'espèce aurait été découverte précisément au Mali, dans une tribu "Bambara" d'où son nom "bambara groundnut" (Mbosso *et al.*, 2018)

1.3. Domestication et dispersion du voandzou

Le voandzou à l'état sauvage a été localisé depuis le centre du Nigeria jusqu'au Sud du Soudan. La plante aurait été transportée par des voyageurs arabes en Afrique de l'Ouest au XIV^e siècle pour son usage en tant que légume sec (Amidou *et al.*, 2022). La culture a d'abord été introduite en Afrique de l'Est puis à Madagascar, ensuite au Sud et Sud-Est de l'Asie, puis au Suriname et au Brésil avec la traite des esclaves (Ouoba *et al.*, 2016a). Il est désormais cultivé dans toute l'Afrique tropicale, principalement dans les régions tropicales au Sud du Sahara, à Madagascar, et dans une moindre mesure dans les parties tropicales de l'Amérique et d'Asie. Les principaux pays producteurs en Afrique sont le Nigeria, le Niger, le Mali, le Ghana, le Burkina Faso, le Tchad, le Cameroun et la Côte d'Ivoire. Les graines sont exportées sur les marchés du Benin, du Ghana, du Nigeria et le Togo. En Asie, les grandes zones de production sont situées en Inde, en Indonésie, en Malaisie, aux Philippines et en Australie dans la partie Nord (Toure *et al.*, 2013).

1.4. Ecologie du voandzou

Le voandzou est une culture peu exigeante qui s'adapte très bien aux conditions de culture rencontrées dans les régions de savane (Kouame *et al.*, 2013). Cette légumineuse mineure d'Afrique Sub-saharienne est adaptée à diverses conditions climatiques et écologiques. Elle est cultivée depuis le niveau de la mer jusqu'à une altitude de 1600 m. Il est capable de se développer dans les zones à pluviométrie variable de 500 à 3000 mm. De meilleurs rendements s'obtiennent sous les précipitations de 900 et 1200 mm (Chantal *et al.*, 2018). Les températures et les pluviométries optimales pour sa production sont comprises respectivement entre 20°C et 28°C 600 mm et 1500 mm. (Toure *et al.*, 2013). Une bonne production du voandzou nécessite la répartition régulière des pluies depuis le temps de semis jusqu'à la floraison. Les fortes précipitations au cours de la floraison provoquent la chute des fleurs et causent une baisse considérable du rendement des graines. La fructification peut être retardée par la sécheresse, mais la période de maturation nécessite un temps de sécheresse ((Baudoin *et al.*, 2001). La graine pousse sur tout type de sol bien drainé. Les sols à pH variant entre 5 et 6,5 sont plus propices pour sa production. Sa capacité de tolérance pour les sols secs, acides et peu fertiles fait d'elle une culture de résilience pour l'adaptation à la variabilité climatique. Elle donne de meilleurs rendements sous les photopériodes de 10h à 12h et supporte légèrement l'ombrage, ce qui favorise son association aux cultures céréalières (Chantal *et al.*, 2018). Au Burkina Faso, le voandzou est cultivé dans toutes les zones agroécologiques, de l'extrême nord la plus aride (Isohyète 300 mm) à l'extrême sud la plus humide (isohyète 1200 mm). Pour sa grande capacité

de fixation de l'azote atmosphérique sa culture peut être réalisée sans apport de fertilisants (Ouoba *et al.*, 2016a).

1.5. Description de la morphologie du voandzou

1.5.1. Description de l'appareil végétatif du voandzou

Le système racinaire est pivotant et caractérisé par une racine principale vigoureuse et des racines secondaires lui permettant de puiser des nutriments et de l'eau dans les couches plus profondes du sol (figure 1). Les racines secondaires latérales sont superficielles et portent des nodules, qui sont caractéristiques des légumineuses et jouant le rôle de fixation symbiotique de l'azote atmosphérique (Bertrand *et al.*, 2021).



Source : (Bori *et al.*, 2024)

Figure 1 : Système racinaire du voandzou

Le voandzou est une plante herbacée à germination hypogée de 15 à 50 cm de hauteur, dont le port est caractérisé par des morphotypes nains (15 à 30 cm) et généraux (30 à 50 cm) utilisés dans les systèmes de culture courant et intensif (Chantal *et al.*, 2018). La tige du voandzou présente des variabilités morphologiques liées à la forme, la coloration et à la taille. Elle est généralement prostrée, et peut pousser des racines à la surface du sol. Elle est également caractérisée par la coloration noire ou violet (anthocyane), parfois verte et recouverte de poils fins. Ainsi, il existe des morphotypes à tiges érigés, semis-érigés et rampants. La tige donne des ramifications à partir de deux (2) semaines après la germination et forme des entre nœuds long et court (Issa *et al.*, 2018).

Le système foliaire du voandzou présente des feuilles composées trilobées, longuement pétiolées, alternes, à faible pilosité et stipulées en forme d'écailles, typiques des légumineuses. Le pétiole peut être coloré (présence d'anthocyane) ou non (Issa *et al.*, 2018). Elles sont caractérisées par une coloration verte jaunâtre au stade adulte et verte sombre en phase de maturation et brillantes avec une surface lisse et une longueur de 5 à 12 cm en fonction de la variété. Les feuilles sont de formes variables (ronde, ovale, linéaires, elliptique), généralement groupées formant ainsi une couronne à la surface du sol. Les folioles terminales plus grande que celles latérales ont une longueur moyenne de 6 cm et une largeur moyenne de 3 cm (Issa *et al.*, 2018). Au stade jeune, les feuilles sont trop allergiques aux attaques (perforation) des insectes ravageurs et aux maladies. L'apparition des taches brunes et une coloration jaune est signe de maturation (Pasquet et Otso, 2005).



Source : Sévérin et Yao et al. (2011)

Figure 2 : Appareil végétatif (tige et feuilles) du voandzou

1.5.2. Description de l'appareil reproducteur du voandzou

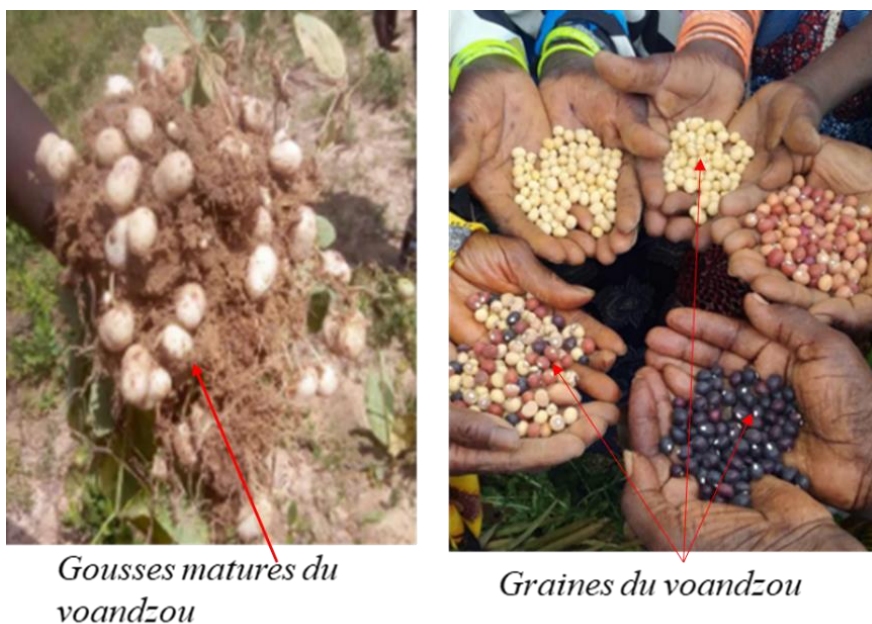
Les fleurs du voandzou sont de petite taille à couleurs variables allant du blanc jaunâtre, jaune franc au rose-rougeâtre. Elles sont formées de carèmes droits, tronquées d'un style courbé, portant un stigmate latéral court et petit, qui apparaissent en grappes (5 à 10 fleurs) (Coulibaly *et al.*, 2020).



Source : (Bori et al., 2024)

Figure 3 : Apparition des fleurs chez la plante de voandzou

Les gousses ou fruits du voandzou se développent sous terre. A la maturité, la plante donne des gousses caractérisées par une paroi dure de couleur jaunâtre qui, renferment une à deux graines rarement trois. Le nombre de gousses est proportionnel à leur poids et peut atteindre 146 gousses par plante (Bori *et al.*, 2024). Les graines du voandzou sont Dicotylédones, et elles présentent une diversité liée à la forme, la couleur, la taille, ainsi que la qualité nutritionnelle. Elles sont couvertes de tégument épais et dur de couleurs variables (crème, rouge, pourpre, noir, brun) (Figure 4). La variation de couleur des graines est liée à la teneur en antioxydants, en polyphénols et en anthocyanes totaux (Mbaiogaou *et al.*, 2013). La forme est sphérique ou ovoïde ou ronde avec un diamètre variable (8 à 14 mm).



Source : (Bori *et al.*, 2024)

Figure 4 : gousses et graines de voandzou

Issue du caryotype $2n=22$ chromosomes, la plante se reproduit par allogamie et autogamie. La floraison débute environ 30 jours après la levée. La fécondation se fait principalement par la pollinisation des insectes. Cette période est marquée par l'intervention de deux espèces de *Formicidae* (*Pheidole megacephala Fabricius* et *Monomorium pharaonis Linnaeus*) qui facilitent la nouaison des fleurs et la pénétration des gousses dans le sol. Après la fécondation, des fleurs jaune pâle sont portées sur des tiges ramifiées à croissance libre qui se développent ensuite vers le bas dans le sol et forment la graine en développement dans les gousses (Ngolela *et al.*, 2023). Le voandzou a un rendement de 1200 à 1700 graines par kilogramme de graines sèches à l'hectare. L'évolution des caractéristiques morphologiques et de rendement ainsi que les valeurs végétatives et agronomiques du voandzou varie en fonction de la durée du cycle de production (Chantal *et al.*, 2018 ; Gbaguidi *et al.*, 2016a ; Mbaïogaou *et al.*, 2013).

1.6. Pratiques culturelles réservées au voandzou

1.6.1. Pratiques liées au genre

Le voandzou est principalement cultivé par des femmes pour lesquelles il assure une source de revenus (Haladou *et al.*, 2024). La plante est généralement cultivée de façon traditionnelle en agriculture familiale. En Côte d'Ivoire ainsi qu'au Burkina Faso, les pratiques de la culture du voandzou en fonction du genre dépendent du groupe ethnique et des traditions locales. Chez

certaine ethnie, les hommes sont les principaux producteurs du voandzou, les femmes sont sollicitées au stade post-récolte pour le séchage et l'écossage des gousses. Par contre dans d'autres communautés, la culture du voandzou est exclusivement dédiée au genre féminin. ((Toure *et al.*, 2013 ; Ouoba *et al.* 2018b).

1.6.2. Calendrier cultural du voandzou

1.6.2.1. Opérations culturales

Les opérations culturales du voandzou sont constituées principalement du labour, du semis, du sarclage, du buttage et de récolte. Les producteurs peuvent effectuer 4 à 5 opérations culturales selon les itinéraires techniques de production. Les semences sont acquises soit par achat, soit par don ou le plus souvent par prélèvement dans les stocks de production (Ouoba *et al.*, 2016a).

- **Labour**

Les opérations de labour sont réalisables à la main, par la traction animale ou motorisée. Les outils de réalisation sont : la daba, la charrue, le motoculteur et le tracteur. Un bon labour nécessite un niveau minimum d'humidification du sol. Les sols de faibles pentes ou plats sont recommandés pour la culture du voandzou. Les labours à plat, sur buttes, sur billons ou sur planches sont plus favorables à la culture (Massawe *et al.* 2002).

- **Semis**

Le calendrier cultural varie d'une région à l'autre ainsi qu'au sein de la même région en fonction du climat. La date de semis joue un rôle important dans la pratique culturale. Les semis précoces ou tardifs peuvent affectés plus ou moins la formation des gousses ainsi que leur maturation (Ngolela *et al.* 2023). En effet, les semis précoces permettent d'avoir des rendements élevés (Bori *et al.*, 2024). Dans les zones agro-climatiques du Burkina Faso, la culture du voandzou est effectuée entre Juillet et Décembre suivi d'une période de séchage assez complexée. En générale, le voandzou n'est pas semé immédiatement après les premières pluies (Ouoba *et al.*, 2016 a). Les semis sont réalisés sur des parcelles sillonnées ou labourées. Les graines de voandzou sont semées directement dans les poquets à 2,5 cm de profondeur (sols lourds), 5 à 7,5 cm (sols sableux). Le semis à plat est plus préféré au semis sur billon. Les graines du voandzou peuvent être semées avec les gousses (non décortiquées) ou sans gousses selon les habitudes et intervient après le semis des céréales (Chantal *et al.*, 2018). La densité de semis dépend du type de ports des morphotypes. L'écartement minimum interlignes ou billons est de 20 à 25 cm et 45 cm au maximum pour les morphotypes érigés et semis-érigés, puis 2,5 m pour

les types rampants. Sur les parcelles expérimentales, une densité de 6 à 29 plantes/m² est recommandée (Ouoba *et al.*, 2016a).

- **Sarclage et buttage**

Ces opérations culturales sont effectuées en fonction de l'évolution des plantes. Le sarclage du champ de voandzou est effectué deux fois au moins avant la récolte et consiste à éliminer les mauvaises herbes. Le buttage est l'opération culturale réalisée après le premier sarclage. Il consiste à ramener la terre au pied de la plante pour un recouvrement des gousses. Cette opération peut être effectuée 30 à 60 jours après semis et permet d'optimiser le rendement à travers la réduction du ruissellement des eaux qui dégrade le sol et expose les gousses au profit des rongeurs, favorisant ainsi la destruction de la culture. La majorité des producteurs effectuent les opérations de buttage à partir de la floraison (Chantal *et al.*, 2018).

- **Fertilisation**

La culture du voandzou peut être réalisée sans amendement du sol et sans utilisation de fertilisants car la plante a une capacité de fixer l'azote à travers ses racines, favorisant ainsi la restitution des nutriments dans le sol. Jusqu'à 1999, l'apport d'engrais pour l'amélioration du rendement n'avait toujours pas été confirmé. Mais des études menées par Ellah et Singh (2008) ont montré des résultats positifs dans l'amélioration du rendement (de 491 à 543 kg/ha) après l'apport de 30 kg/ha de phosphore pour amender le sol ou pendant la phase de croissance de certains écotypes du voandzou. Au Burkina Faso, la culture du voandzou est faite majoritairement sans apport de fertilisants. Une faible proportion des producteurs utilise le fertilisant (NPK) pour assurer le développement optimum des plantes (Ouoba *et al.*, 2016 a).

- **Récolte**

La récolte du voandzou se fait à la maturité des gousses (la fin du cycle) ; après 65 à 157 jours (Severin *et al.*, 2011). À cette période, la plante est physiologiquement mature, la maturité est reconnue par le jaunissement des parties aériennes de la plante, à la chute des feuilles et à l'apparition de taches brunes sur les gousses. Cette pratique consiste à déraciner les plantes et à récupérer les gousses enfouies dans le sol. Elle est effectuée en arrachant la plante à la main pour les sols meubles ou à l'aide d'une houe sur sols compacts. Après la récolte, les graines sont séchées et conservées (Chantal *et al.*, 2018).

1.7. Mode d'usage du voandzou

1.7.1. Pratiques agroécologiques

Le *Vigna subterranea* regorge des potentialités agroécologiques permettant d'augmenter sa production. Cela s'explique par l'optimisation de la fixation symbiotique en azote qui lui confère la capacité de résistance et de tolérance face à la sécheresse, à la salinité et aux sols infertiles. Elle est capable de fixer, en plantation, jusqu'à 106 kg d'azote par hectare (Gbaguidi *et al.*, 2016). Selon le même auteur, la fixation symbiotique de l'azote par le voandzou est caractérisée par l'action des bactéries du genre *Rhizobium* qui, contribue à la fertilisation du sol. Elle fixe l'azote d'abord pour son propre développement puis la quantité restante est restituée au sol pour les autres cultures. C'est une plante principalement utilisée en système de monoculture-culture et dans une moindre mesure comme culture intercalaire ou en association avec d'autres cultures légumineuses telles que le niébé (*Vigna unguiculata*), l'arachide (*Arachis hypogaea*) et céréalières comme le mil (*Pennisetum gfaucum*), le maïs (*Zea mays*), le sorgho (*Sorghum bicolor L.*), ainsi que diverses autres cultures. La culture la plus utilisée en association avec le voandzou est l'arachide. Elle est également utilisée en système de rotation culturale au cours de laquelle ses résidus enrichissent le sol en éléments nutritifs azotés. La rotation voandzou-riz pluvial est une pratique durable utilisée sur les terres de « tanety » des Hautes Terres malgaches. Elle permet d'améliorer la disponibilité du phosphore dans les sols acides de type Ferro sol (Andriamananjara *et al.*, 2011).

1.7.2. Valeurs nutritionnelles

Le voandzou est une plante dont les graines sont hautement caloriques (387 kcal/100 g), riche en éléments minéraux, en vitamines, en protéines équilibrées et lipides (Tableau II) au moins deux fois plus que les céréales de base comme le sorgho et le mil et peut être considéré comme viande végétale (Hama/Ba *et al.*, 2017). Le voandzou a des teneurs en carbohydrates élevée, (60 %). Les graines sèches du pois bambara renferment 50 à 57 % de glucides, 3 à 6 % de celluloses (Diallo *et al.*, 2015). Une étude réalisée par Mbaïogaou *et al.* (2013) sur la comparaison des teneurs en polyphénols et en antioxydants totaux d'extraits de graines du voandzou montre qu'il existe des variétés plus riches en polyphénols et en antioxydants totaux. Selon ces mêmes auteurs, les polyphénols responsables de la couleur des péricarpes contribuent à 94% à la teneur en antioxydants totaux des extraits étudiés.

Tableau II Composition nutritionnelle de 100 g de voandzou

Constituants	Carbohydrates (%)	Protéines (%)	Lipides (%)	Fibres (%)	Calcium (%)	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

Source : (Hama/Ba *et al.*, 2017)

1.7.3. Rôles socio-économiques du voandzou

1.7.3.1. Rôle Alimentaire du voandzou

Le voandzou est cultivé essentiellement pour ses graines qui, peuvent être consommées crues comme légumes frais, bouillies, frites, cuites ou rôties. Les graines entrent dans diverses préparations culinaires. Elle peut être transformée en farine, utilisée comme ingrédient dans la fabrication de diverses recettes alimentaires prometteuses à explorer. Les graines seules ou mélangées à d'autres aliments servent à l'alimentation humaine (Diallo *et al.*, 2015). Outre son rôle alimentaire chez les humains, la culture du voandzou intervient également dans le domaine de l'élevage. La biomasse fraîche ou sèche du Voandzou est utilisée dans l'alimentation du bétail. Cette biomasse riche en phosphore est utilisée comme fourrage et contribue à l'amélioration de la qualité nutritionnelle des mammifères ruminants. Les graines sont utilisées dans la nutrition des porcs et de la volaille (Haladou *et al.*, 2024).

1.7.3.2. Rôle médicinal

Le voandzou possède des vertus thérapeutiques bien connues des populations locales. Les graines ont des propriétés antibactérienne, antivirale, diurétique, vulnéraire et vermifuge et sont utilisées dans le traitement des contusions internes, des hématomes, des pyuries, des poly ménorrhées, de la diarrhée, de la bilharziose, de la trichine, de l'impuissance sexuelle, de la tuberculose et de la coqueluche (Toure *et al.*, 213). La graine est également mâchée et avalée pour traiter les nausées chez les femmes enceintes. Le jus des feuilles vertes est appliqué sur les yeux pour traiter l'épilepsie (Issa *et al.*, 2018). Les antioxydants, présents dans les fruits et légumes, jouent un rôle préventif contre certaines maladies (cancers ; maladies cardiovasculaires dégénératives liées au stress oxydant (Ouoba *et al.* 2018b).

1.7.3.3. Rôle économique

En plus des rôles cités plus haut, le voandzou possède une valeur commerciale liée à la saveur attractive qui reflète sa demande sur les marchés locaux. Les variétés traditionnelles de

voandzou sont produites à moindre coût grâce à leur caractéristique rustique et à leur moindre exigence en intrants et en main d'œuvre (Gbaguidi *et al.*, 2016). Les graines du voandzou sont disponibles sur le marché à partir des mois de Décembre et de Mai. Les producteurs vendent leur stock en début d'hivernage pour s'acheter des intrants agricoles, certains les vendent pendant les hausses des prix à la recherche du maximum de profit, et d'autre tout juste après les récoltes pour la scolarisation des enfants ou pour éviter les pertes liées à la conservation (Lourme-Ruiz, Dury, et Martin-Prével 2016). Ainsi, la valeur commerciale des graines varie de 12000F cfa par sac de 25 kg en période de récolte à 36000F pendant la période de soudure (Gbaguidi *et al.* 2016). La couleur du tégument, la forme de la graine sont des critères importants pour le choix des consommateurs ; dans la détermination de la qualité et les valeurs commerciales des graines (Ouoba *et al.*, 2018b). La production du voandzou est plus rentable que celle du maïs au Bénin et au Togo ; son commerce rapporte 2000 à 4000 Fcfa par sac de 100 kg avec un capital net de 259 550 F cfa à 284 500 F cfa par hectare (Gbaguidi *et al.*, 2016).

1.8. Difficultés liées à la production du voandzou

1.8.1. Contraintes techniques

Les contraintes techniques liées à la production du voandzou sont axées sur différents points. Le manque d'encadrement technique et de formation des producteurs sur les meilleures pratiques agronomiques et le faible moyen d'accès aux semences de qualité ainsi qu'aux financements se traduit par la faible sensibilisation des consommateurs sur la qualité nutritionnelle du voandzou. Ce qui justifie l'insuffisance des activités de recherche sur les techniques innovantes de la culture pour améliorer le système de production de la plante (Chantal *et al.*, 2018 ; Haladou *et al.*, 2024). Le voandzou a été peu étudié et est très peu représenté dans les collections mondiales des ressources phythogénétiques. Le potentiel génétique de l'écotype ou variété de voandzou est mal connu et les quelques travaux déjà réalisés ne sont disponibles que dans les anciennes publications ou de langues peu connues (Massawe *et al.* 2002).

Au BF, l'inaccessibilité des terres à l'allocation pour les femmes est l'une des causes majeures des faibles superficies allouées à la culture du voandzou. Les superficies consacrées à la culture varient entre un centième d'hectare (1/100 ha) et un hectare (1ha). La plus grande superficie consacrée à la culture du voandzou est d'environ un hectare (Ouoba *et al.*, 2016a). La chaîne de valeur du voandzou n'est pas suffisamment efficiente et cela constitue un obstacle pour sa commercialisation sur le plan international. Dans le domaine industriel la transformation du voandzou est pratiquement nulle, alors que des analyses biochimiques sur la culture ont donné

des informations intéressantes sur les potentiels d'utilisation industrielle des graines de voandzou (Ngolela *et al.* 2023).

1.8.2. Contraintes biotiques

Comme les autres cultures, la plante du voandzou est sensible aux facteurs biotiques (maladies et ravageurs) dans son aire de culture. Cependant, les maladies cryptogamiques et virales, les insectes et nématodes sont les ennemis de la plante. Ils peuvent affecter négativement le rendement et la qualité de la production (Baudoin *et al.*, 2001).

▪ Maladies

Les maladies contribuent à la contre-performance de la productivité de cette culture ; il s'agit principalement des maladies foliaires (Gbaguidi *et al.*, 2016). Il existe au sein de la microflore tellurique, des populations phytopathogènes responsables de maladies graves telles que les fontes de semis, les nécroses et galles racinaires, les pourritures et les maladies vasculaires (Issa *et al.*, 2014). Les taches foliaires (*Leafspot*) sont causées par *Cercospora canescens* et *Phyllosticta voandzeia*. La fanaison et le jaunissement des feuilles sont causés par *Fusarium sp.*, qui, peuvent apparaître 50 jours après l'ensemencement. Le mildiou poudreux (*Powdery mildew*) est causé par *Erysiphe pisi* et se caractérise par l'apparition de poudre blanchâtre sur les deux côtés des feuillettes (Toure *et al.*, 2013). Les maladies les plus fréquentes chez le voandzou sont les maladies cryptogamiques (telles que la cercosporiose (*Cercospora canescens*), l'oïdium (*Erysiphe polygoni*) et la fusariose (*Fusarium oxysporum*) ; les maladies fongiques (taches foliaires *Cercospora sp.*, le flétrissement causé par *Fusarium sp.* et la pourriture de la tige (*Sclerotium rolfsii*)) et les maladies virales telles que le virus de la marbrure du niébé (CMeV) et le virus de la mosaïque de la luzerne, la mosaïque du trèfle, sont de véritables agents de déstabilisation du rendement chez le voandzou ((Bori *et al.*, 2024 ; Konate *et al.*, 2017 ; Ouoba *et al.*, 2016a).

▪ Insectes ravageurs

Bien plus résistant aux maladies que les autres légumineuses, le voandzou présente des baisses de rendement à la suite des attaques liées aux insectes, aux nématodes et aux virus. Les dégâts dus aux bioagresseurs entraînent une perte totale de la récolte si aucune mesure n'est prise (Tinkeu *et al.*, 2016). Des études menées par Goli, (1997) ; Ezedinma et Maneke, (1985) sur les ravageurs du pois bambara au champ ont montré que la plante est attaquée par des ravageurs dont les plus importants sont les pucerons (*Aphis craccivora Koch*), les foreurs de gousses (*Maruca sp.*) et les thrips des fleurs (*Megalurothrips sjostedti trybom*). Les ravageurs de la

plante les plus courants sont les insectes de types cicadelles (*Empoasca facialis* et *Hilda patriuelis*) ainsi que les larves des lépidoptères (*Diacrisia muculosa*), les rongeurs, les termites, les fourmis et les vers gris (*Agrotis*), les plantes parasites (*Striga gesnerioides*). Ces ravageurs attaquent les semences du voandzou et sont nuisibles à la germination, au stade de développement ainsi qu'à la maturation (Bori *et al.*, 2024).

1.8.3. Contraintes abiotiques

▪ Température et lumière

L'espèce *Vigna subterranea* (L.) présente des variations génétiques sous l'effet de la température et de la photopériode. Les températures très élevées (36 à 40°C) retardent la floraison, la maturité physiologique et le développement des gousses. L'ensoleillement est nécessaire pour une bonne production de graines (Ibrahim *et al.*, 2023). Certains génotypes de la plante ont une floraison non sensible à la photopériode, tandis que chez d'autres, la floraison et la formation des gousses sont retardées par des photopériodes longues. C'est une culture qui supporte légèrement l'ombrage, ce qui favorise son association aux cultures céréalières mais, sous ombrage excessif la production est médiocre (Kouame *et al.*, 2013).

▪ Sol et environnement

Les contraintes environnementales et pédoclimatiques constituent les principaux facteurs abiotiques liés à la production du voandzou. Elles se caractérisent par les effets désagréables de changements climatiques qui, affectent négativement les rendements de la culture (Kambou *et al.*, 2020). Ces contraintes se manifestent par les inondations, la sécheresse, la prolifération des insectes au champ et provoquent la dégradation de la production et une dégénérescence de la diversité du voandzou (Ouoba *et al.* 2016b). Le rendement du voandzou est également réduit par les effets d'une forte humidité du sol au cours de son développement. On note aussi la sécheresse, le faible niveau de fertilité et l'acidité des sols qui sont à la base des chloroses, flétrissements et des chutes des feuilles (Bori *et al.*, 2024).

1.9. Lutte contre les espèces nuisibles du voandzou

Le développement de l'industrie phytochimique et la libre commercialisation des intrants chimiques en agriculture ont rendu disponible les pesticides chimiques de synthèse sur les marchés (Tinkeu *et al.*, 2016). La lutte contre les contraintes biotiques est réalisable pendant les semis et au cours de la levée. Les producteurs utilisent des pesticides chimiques comme le calthio et le caïman pour traiter les semences. Pendant l'apparition des maladies les produits

utilisés sont : la cendre, le jus des amandes de karité, les extraits de feuilles de neem, de tabac et des produits chimiques (Ouoba *et al.*, 2016a ; Toure *et al.*, 2013).

1.9.1. Conservation des graines

Après la récolte et le séchage, la phase de stockage des graines de voandzou passe par plusieurs méthodes. Les méthodes traditionnelles sont les plus répandues dans la conservation post-récolte des denrées alimentaires. Il s'agit des produits chimiques (Cyperméthrine, Profénofos), du sel de cuisine, des plantes que les producteurs mélangent avec la cendre pour la conservation des graines. Ces méthodes de conservation diffèrent, d'un groupe ethnique à un autre, selon les producteurs (Amidou *et al.*, 2022). Au Burkina Faso, certains producteurs utilisent de la cendre, du sable, des plantes répulsives mais également des produits chimiques pour la conservation du voandzou (Ouoba *et al.*, 2016a). D'autres utilisent des sacs et des dispositifs (canaris, des jarres, des bidons) hermétiques ou non. Les plantes répulsives utilisées sont le tabac (*Nicoïana tabacum* L.) et le piment (*Capstcum frutescens* L.) pour fabriquer les insecticides traditionnels formulés à partir des feuilles, des écorces ou de la plante entière, utilisés pour éloigner les ravageurs. Des méthodes modernes (produits chimiques : phostoxin (*Phosphure d'aluminium*) et Topstoxin (*Phosphure d'aluminium*) sont aussi utiliser pour la conservation du voandzou (Ouoba *et al.*, 2016a). En Côte d'Ivoire, les producteurs utilisent les produits chimiques (cyperméthrine et de profénofos) et les plantes (*Ocimum canum*, *Hyptis spicigera*, *Azadirachta indica* et *Khaya senegalensis*) dans les stocks de graines de voandzou conservés. Le triple ensachage et l'exposition au soleil sont également des méthodes utilisées dans le stockage des graines de voandzou. Les méthodes traditionnelles sont utilisées pour les longues périodes (12 mois) et la méthode moderne intervient pour les périodes de courte durée (9 mois). Une étape préliminaire importante pour réussir la protection du stock est la connaissance des ravageurs (Bori *et al.*, 2024 ; Toure *et al.*, 2013).

1.10. Situation actuelle du voandzou au Burkina Faso

Au Burkina Faso, le voandzou est cultivé dans toutes les zones agroécologiques. Les zones du Nord (zone sahélienne), du Centre (zone soudano-sahélienne) et du Sud (zone soudanienne) du pays, sont les zones de forte production du voandzou (Ouoba *et al.*, 2016a). Selon ces auteurs, la zone du Nord est placée première, ensuite vient la zone du centre puis la zone Sud en termes de production du voandzou. Depuis 2004, l'Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA) a engagé des études sur le voandzou après celles réalisées en 1994 sur la pathologie du voandzou. Ces recherches ont permis de réaliser un certain nombre de travaux avec des résultats conséquents. Ces travaux sont basés sur l'évaluation et la caractérisation

agronomique des accessions de voandzou en fonction des zones agro écologiques. Il s'agit de l'évaluation de l'effet du buttage et les dates appropriées de buttage pour accroître sa productivité, de l'évaluation de la participation des producteurs aux techniques d'amélioration du rendement du voandzou au Sud du Burkina Faso, et l'évaluation en milieu réel des meilleures options techniques de production agricole (Ouoba *et al.*, 2016a). Ainsi, l'évaluation de la diversité morphologique et agronomique du voandzou a montré une grande variabilité au sein de l'espèce, basées sur les caractères phénotypiques et phénologiques (Coulibaly *et al.*, 2020).

**DEUXIEME PARTIE:
MATERIEL ET METHODES**

CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES

2.1. Présentation de la zone d'étude

Cette étude a été menée en campagne humide 2024 sur le site de l'INERA Farako-Bâ. Ce site est situé à une dizaine (10) de kilomètres au Sud-Ouest de la ville de Bobo-Dioulasso sur l'axe Bobo-Banfara (Belem *et al.*, 2018). La figure 5 représente une illustration de la carte de la région des Hauts-Bassins qui localise le site à Farako-Ba. Il s'étend sur une superficie de 475 hectares (ha) dont 200 hectares (ha) aménagés. Ses coordonnées géographiques sont de longitude 4°20'W ; latitude 11°06'N et d'altitude 405 m (Savado *et al.*, 2008).

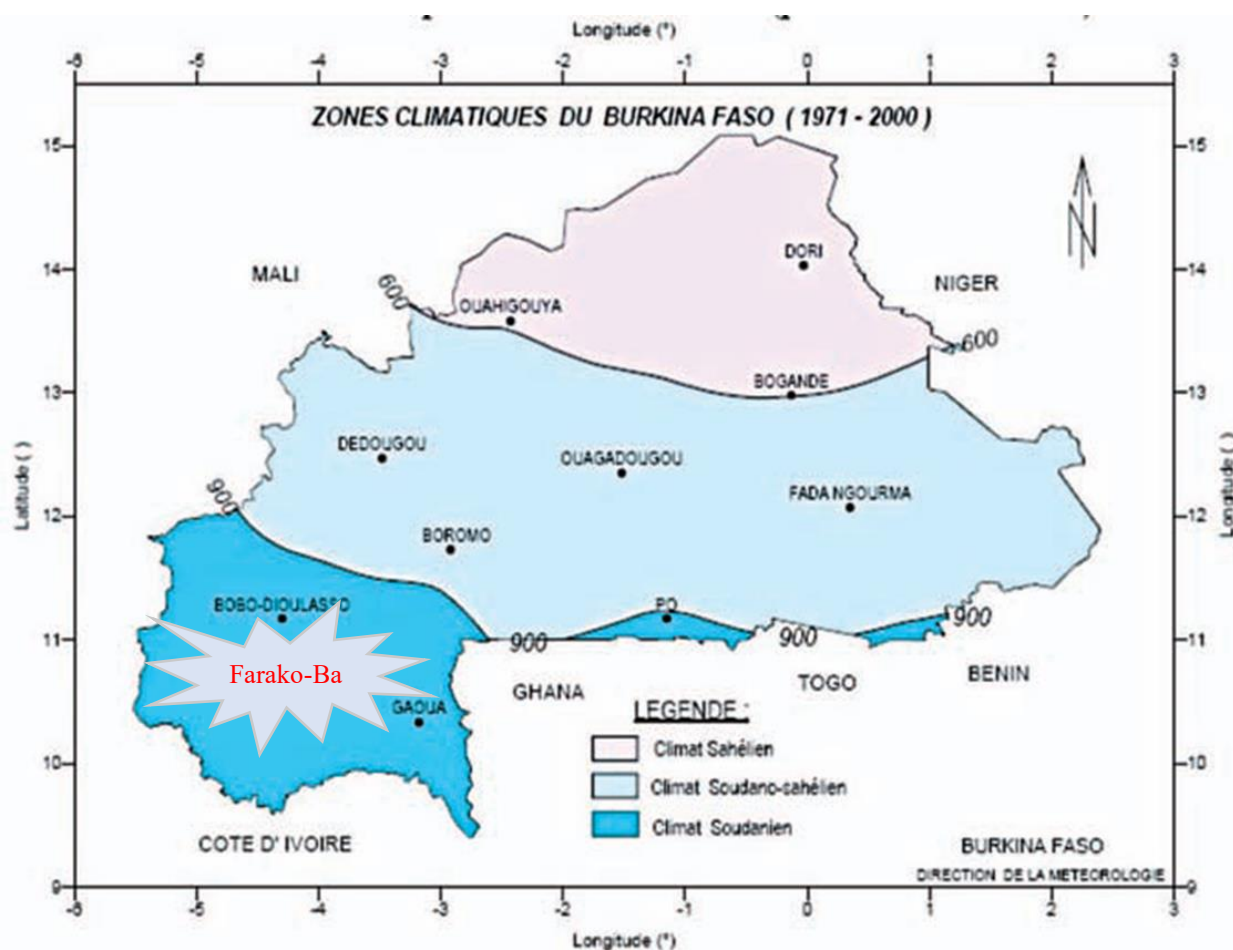


Figure 5 : Carte représentative de la zone d'étude.

Source : (PANA, 2007)

Le climat de Farako-Bâ est de type Sud-Soudanien caractérisé par deux (2) saisons. Une saison sèche longue allant de Novembre à Mai avec des effets de températures élevées et un régime d'harmattan, et une saison pluvieuse qui s'étend sur une courte durée de Juin à Octobre,

caractérisée par un vent humide (la mousson). Les précipitations annuelles varient entre 950 et 1200 mm avec une température moyenne variante de 20 à 35°C (Savadogo *et al.*, 2008).

La végétation est caractérisée par une savane arborée, boisée, herbeuse et dense. C'est une végétation de type phytogéographique Sud soudanienne.

Les sols de la station de recherche sont de types sablonneux, argileux et sont pratiquement pauvres en éléments minéraux et organiques. Cela s'explique par leur faible minéralisation (C/N= 13), un taux d'acidité très élevé (pH= 5,2 à 5,4), la faible teneur en Azote (N), en Phosphore (P) et en potassium (K), ainsi que la faible capacité d'échange cationique (Dembélé et Somé, 1991).

2.2. Matériel

2.2.1. Matériel végétal

Le matériel végétal est constitué d'une collection de deux cents (200) accessions de *Vigna subterranea* (L.) réalisée par le projet SUSTLIVES. Parmi ces accessions, cent quatre-vingt-neufs (189) proviennent de différentes provinces du Burkina Faso, sept (7) du Bénin et quatre (4) du Niger (Tableau III). Ces accessions ont été choisies sur la base de la couleur, de la taille des graines et de la quantité des graines (Toure *et al.*, 2013).

Tableau III: Les accessions et leur zone de collecte

Site de collecte		
Pays	Province	Nombre d'accession par zone
Burkina Faso	Bazèga	05
	Boulkiemdé	31
	Ganzourgou	05
	Houet	04
	Kadiogo	07
	Kouritenga	07
	Kourweogo	90
	Oubritenga	20
	Sanguié	07
	Sissili	06
	Zoundwéogo	07
Bénin	Non précisée	07
Niger	Non précisée	04

2.3. Méthodes

2.3.1. Dispositif expérimental

L'étude a été réalisée au cours de la campagne humide de 2024 sur une parcelle expérimentale d'une superficie totale de 1250 m² (50m*25m). Un dispositif expérimental en bloc de Fischer à trois (3) répétitions a été adopté (Figure 6). Les répétitions sont constituées de quatre (4) sous blocs chacune. Le sous bloc est formé de cinquante (50) entrées. Une distance de deux mètres (2m) sépare les différentes répétitions et les sous blocs sont écartés d'un mètre (1 m). Les cinquante lignes portées sur chaque sous bloc représentent des parcelles élémentaires long de trois mètres (3m). Chaque ligne porte 11 poquets issus d'une accession. Les écartements entre les poquets, les lignes sont respectivement 30 cm et 50 cm. Une bordure est placée sur l'ensemble du champ à la distance de 1m.

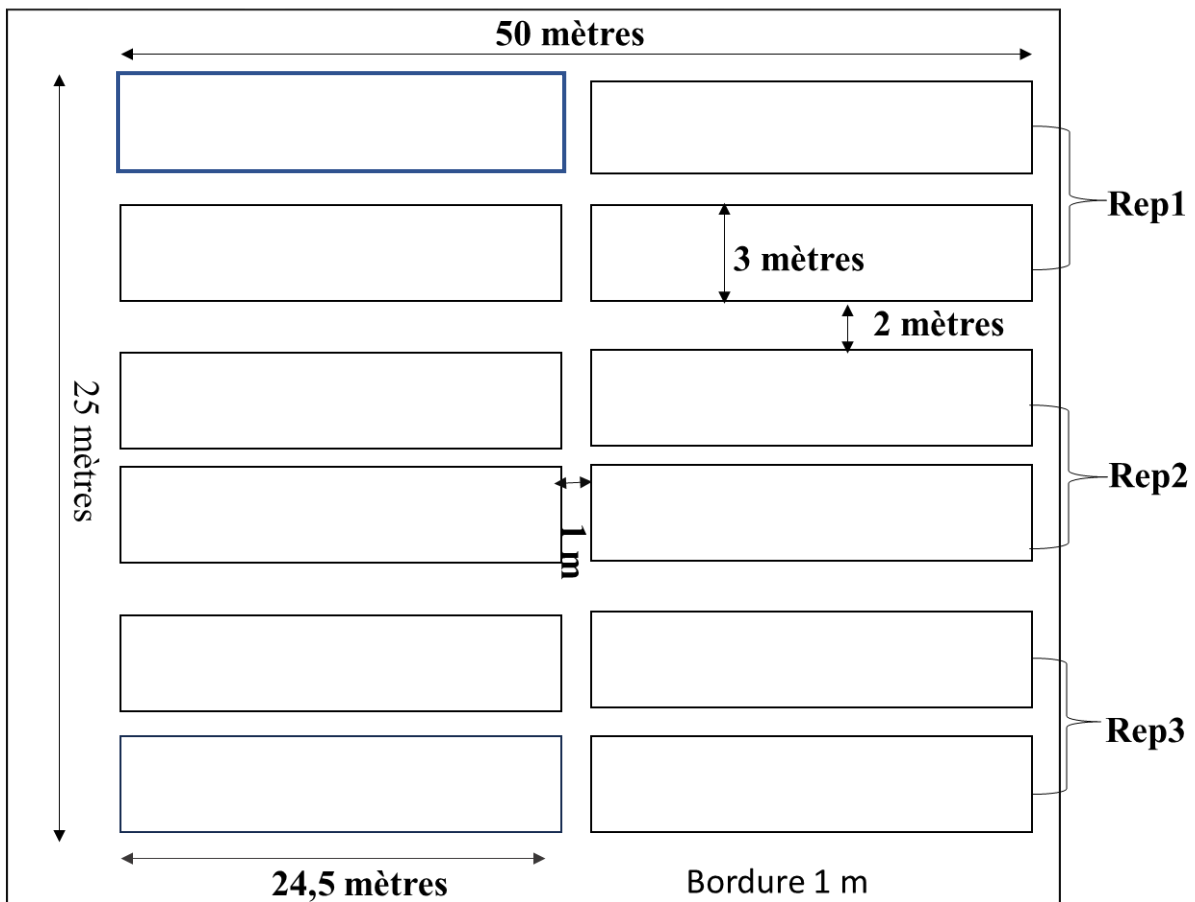


Figure 6 : Schéma du dispositif expérimental utilisé

Légende : Rep (répétition) ; SB (sous-bloc) ; m (mètre)

2.3.2. Opérations culturales

Après un labour effectué par un tracteur suivi du planage manuel et de la mise en place de l'essai, le semis en poquet a été réalisé à la date du 20 Juillet 2024. Une graine a été semée par poquet. La parcelle a été fertilisé avec du compost enfoui dans le sol avant le semis en raison de 1/2 kg par ligne. Les opérations de sarclage et de buttage ont été effectuées respectivement 22 jours et 56 jours après semis (JAS). Un traitement à base d'un bio insecticide (SUPERFASO-N) à la dose de 1 l/ha a été appliqué à 68 JAS suite à une attaque pour repousser les ravageurs. La récolte est intervenue après une maturité à plus de 95% constatée sur les feuilles et les gousses.

2.3.3. Collecte des données

Les paramètres agro-morphologiques ont été évalués en utilisant le descripteur du pois bambara établi par l'Institut international des ressources phylogénétiques, actuel Bioversity International (IPGRI/IITA/BAMNET, 2000). Au total, vingt-deux (22) paramètres ont été évalués. Il s'agit de 12 variables quantitatives et de 10 variables qualitatives. Les paramètres sont collectés sur 5 plantes de chaque accession et sur chaque répétition, en respectant les périodes de collecte des données et les indications de la liste des descripteurs du voandzou. Les plantes utilisées pour la collecte des données ont été marquées avec un filet de couleur rouge pour faciliter leur reconnaissance. Les caractères qualitatifs ont été observés et appréciés à l'œil nu et les caractères quantitatifs mesurés à l'aide des outils (double décimètre, balance, pied à coulisse).

➤ Caractères qualitatifs

Les observés faites au stade de croissance végétative ont concerné :

La présence d'anthocyanine sur la tige (PAT), la présence d'anthocyanine sur le pétiole (PAP) ; il s'est agi d'observer les plantes à travers les tiges et les pétioles afin d'identifier les accessions qui portent de l'anthocyanine sur ses organes.

La description des attaques présentes (Dsc-Attaq), le degré des attaques (Dgr-Attaq), la présence de ravageurs (P-Rav) (photo 1 F) ainsi que le degré de ravageur (Dgr-Rav) sont notes au stade de développement végétatif dans le but d'apprécier l'effet des facteurs biotiques et abiotiques sur la qualité de la production.

La couleur des graines (Cl.Gr), la forme des graines (Fm.Gr), la présence de l'œil (P.oe) et l'apparence de l'œil (Ap.oe) sur les graines qui ont été observés après la récolte.

➤ **Caractères quantitatifs**

Les mesures des caractères quantitatifs ont été porté d'une part sur :

Les dates de 50% floraison (50%Flr), et 95% maturité (95%Mt), respectivement pendant le stade de développement des plantes (apparition de fleurs sur la moitié des plantes) et vers la fin du cycle de la production (maturité physiologique). Ces dates ont été évaluées en tenant compte du nombre de jours écoulés après la date du semis (JAS).

La hauteur de la plante (Ht-P) a été prise sur les plantes à la floraison à l'aide d'une règle graduée de la base de la tige au sommet de la dernière feuille de la plante.

Le nombre de gousse par plante (Nb.gs-P) a été compté pour chacun des cinq plantes prises par ligne.

Le poids des gousses fraîches (PF.gs-P) et gousses sèches (PS.gs-P), le poids de la biomasse fraîche (PF.bms-P), le poids des graines sèches (P-Gr) et le poids de 100 graines (P.100Gr) ont été obtenus par plante à l'aide d'une balance électronique de précision.

Le rendement graine (Rdt.gr) a été estimé en tenant compte du poids des graines sèches par plante sur chaque parcelle élémentaire et en évaluant le nombre de plantes sur une superficie d'un hectare tout en respectant les écartements entre les lignes et entre les poquets. Il est estimé en tonne par hectare (t/ha).

La longueur (L.Gr) et la largeur des graines (l.Gr) ont été mesurées en utilisant un pied à coulisse.

2.4. Analyses statistiques

Le tableur Excel version 2016 a servi à l'enregistrement et au traitement des données collectées. Le logiciel XLSTAT Version 2016 a été utilisé pour l'analyse de variances (ANOVA) afin de vérifier l'existence de différences significatives entre les accessions évaluées, l'analyse en composante principale (ACP) pour identifier l'association entre les caractères quantitatifs mesurés et la matrice de corrélation de Pearson et la classification ascendante hiérarchisée (CAH) permettent de retrouver les relations entre deux caractères quantitatifs mesurés, puis de structurer les accessions sur la base de ces caractères quantitatifs.

**TROISIEME PARTIE:
RESULTATS ET DISCUSSION**

CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSION

3.1. Résultats

3.1.1. Analyse de la variabilité agromorphologique de la collection de Voandzou étudiée

3.1.1.1. Variation liées aux caractères qualitatifs

Les résultats de l'analyse ont permis de mettre en évidence plusieurs modalités au sein de la collection sur les 10 caractères qualitatifs observés. Ainsi, deux modalités ont été obtenues pour les caractères présence d'anthocyanine sur les tiges et sur les pétioles, forme des graines et présence de l'œil. En effet, 55,27 % des accessions ont manifesté la présence de l'anthocyanine sur les tiges et les pétioles. Les graines sont caractérisées par la forme (F-Gr) ronde (55,79%) et ovale (44,21%). Au total 8 couleurs de graines (Cl-G) ont été retenues pour l'ensemble des accessions dont les plus dominantes sont la couleur Crème (47,39%) et Brun (39,196%) (Figure 7.1). Les différentes couleurs observées sont présentées par la Figure 9.

Les caractères (présence d'œil et apparence de l'œil) sur les graines ont permis d'identifier (63,15%) des accessions à graines sans œil (S). Les 36,85% autres ont présenté l'œil sur diverses apparences dont les plus abondantes sont 19,59% œil grise de forme papillon (GFp) et 15,07% œil pourpre foncé en forme papillon (PFpa) (Figure 7.2). La Figure 10 montre les types d'apparence de l'œil observés sur les grains.

Les attaques les plus récurrentes sont les feuilles perforées (76,71%), les feuilles brûlées (20,8%), le jaunissement des feuilles et la mort des plantes (1,82%). Le taux de 0,67% des accessions n'ont présenté aucuns signes liés aux attaques (Figure 8.1).

Les ravageurs tels que les coccinelles (COC), les larves, les criquets, les mouches blanches, les fourmis ont été retrouvés sur plantes a (23,1%). Une grande proportion (76,9%) des accessions n'ont pas présenté des attaques dues aux ravageurs (Figure 8.2).

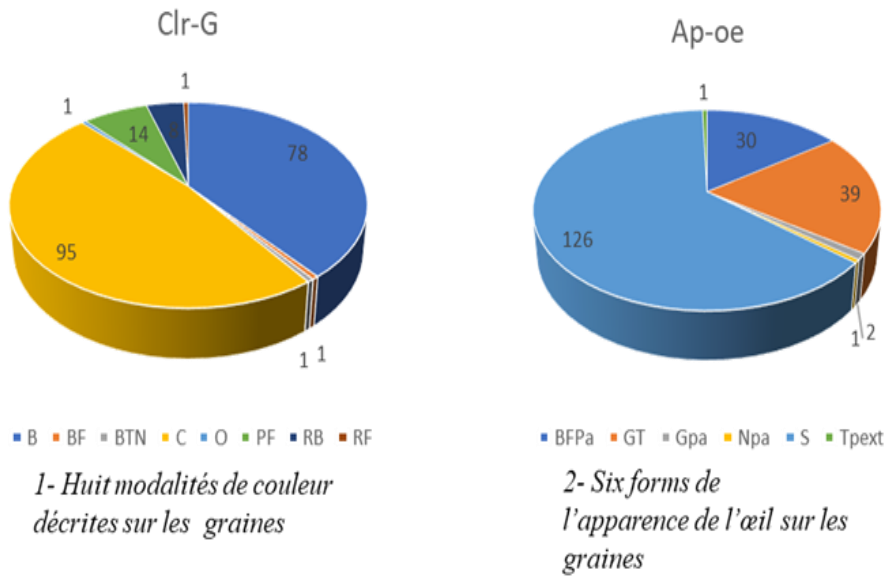


Figure 7: Diagrammes représentatives de l'effectif des accessions en fonction de la couleur et l'apparence de l'œil sur les graines de voandzou

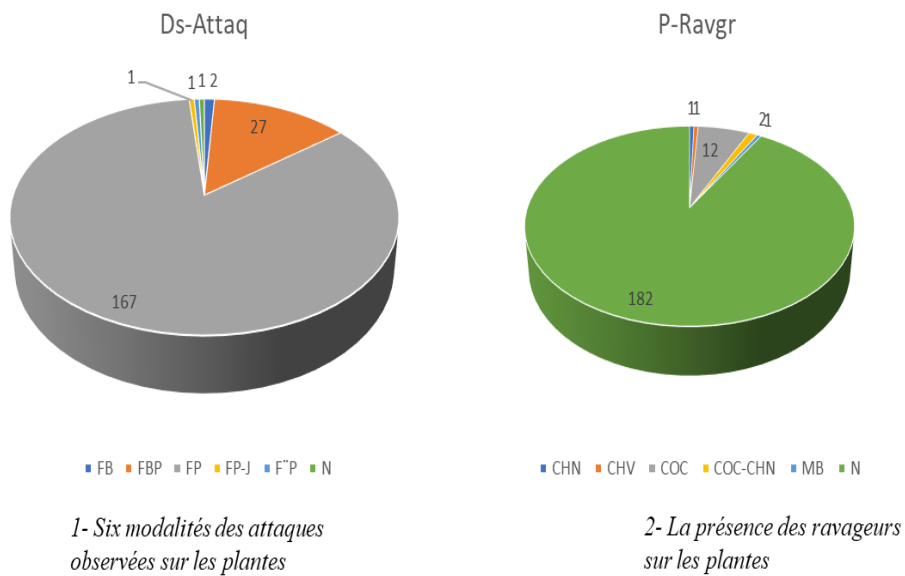


Figure 8: Diagrammes représentatives de l'effectif des accessions en fonction des mortalités liées aux attaques et à la présence des ravageurs



Figure 9 : illustration des couleurs observées sur les graines

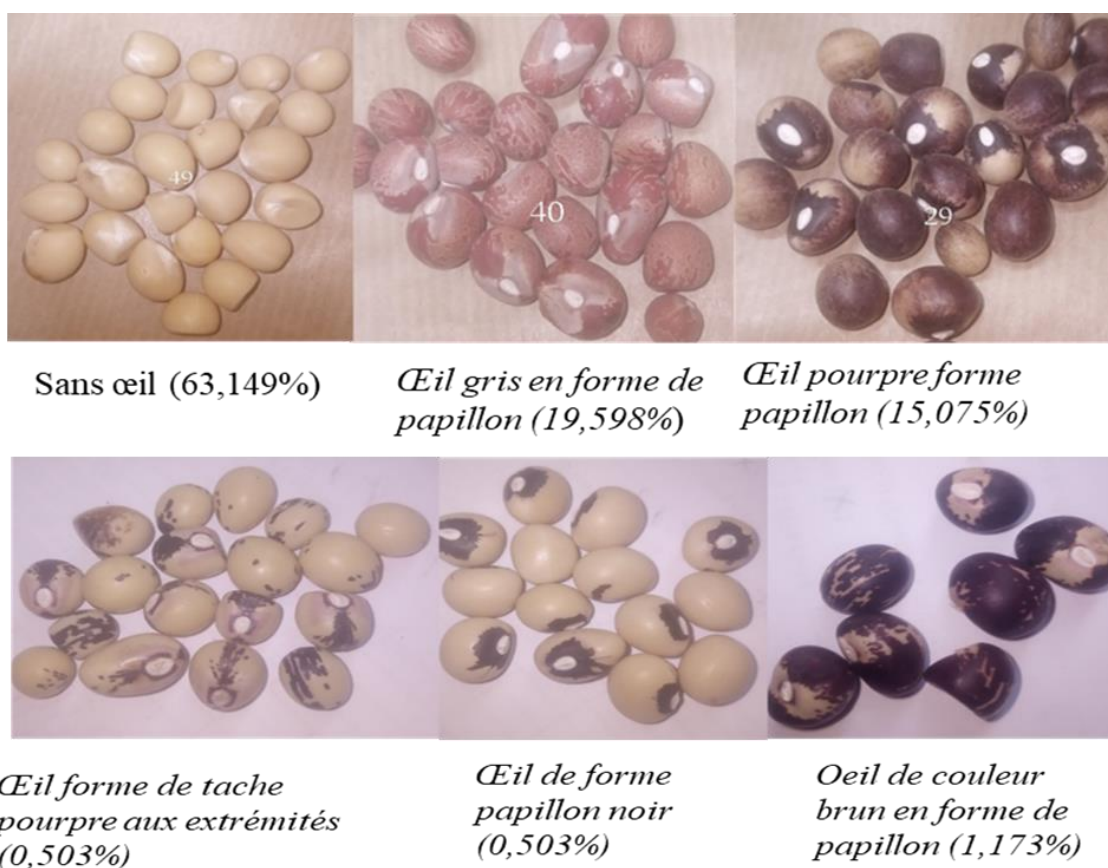


Figure 10 : illustration de l'apparence de l'œil des graines de la collection de voandzou

3.1.1.2. Variation des caractères quantitatifs

L'analyse de variance a montré une différence hautement significative ($p < 0,0001$) entre les accessions pour 10 caractères quantitatifs (Hauteur de la plante, Poids de la biomasse, Nombre de Gousse, poids des gousses fraîches, poids des gousses sèches, les dates de 50% floraison et 95% maturité, le poids de 100 graines ainsi que la longueur et la largeur des graines) (Tableau IV). Les accessions de voandzou ont une hauteur variant de 11,6 cm (KLay19) à 39 cm (KLay48), avec une hauteur moyenne de 23,74 cm. Le poids moyen de la biomasse fraîche est estimé à 168,9g et varie de 39,9g pour ODap3 à 340,9g pour BENV2. La production moyenne en nombre de gousses par plante est 18,86 gousses. Les valeurs sont situées entre 4 (KLay10) et 51 (BENV2).

Une différence très hautement significative ($p < 0,000$) a été obtenue pour deux autres caractères quantitatifs (Poids des graines, Rendement). Le poids moyen des graines par plante est de 115,8g ; la plus faible valeur de ce poids concerne l'accession BPbi12 (19,3g) et la valeur la plus élevée a été trouvée sur l'accession BPbi10 (181,5g). Le délai de 50% de floraison s'étend de 27 jours pour KSag5 à 47 jours pour GMog6 (JAS). La maturité physiologique des gousses a été observée depuis le 68^e JAS chez BPbi10 et jusqu'au 112^e JAS chez KSag13, avec une durée moyenne estimée à 95, 21 jours.

Tableau IV: Résultats de l'analyse de variance des 12 caractères quantitatifs des 200 accessions de voandzou étudiées

Variabes	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type	Pr > F
Hp(cm)	11.60	39.00	23.74	3.49	< 0,0001
Bmsp(g)	39.90	340.90	168.95	55.53	< 0,0001
Ngsp	4.00	51.00	18.86	6.98	< 0,0001
Pfgs (g)	41.90	1159.00	386.07	206.78	< 0,0001
Psgs (g)	28.30	998.70	240.31	142.64	< 0,0001
50%Fl(jrAS)	27.00	47.00	38.20	2.53	< 0,0001
95%Mt(jrAS)	68.00	112.00	95.21	7.48	< 0,0001
PG-P(g)	19.30	181.50	115.83	35.23	0.000
Rdt(T)	1.29	12.45	7.71	2.35	0.000
Pm100Gr(g)	245.00	1164.00	644.18	172.07	< 0,0001
L-Gr(mm)	6.00	18.50	11.73	1.69	< 0,0001
l-Gr(mm)	4.30	15.70	9.98	1.23	< 0,0001

Légende : Hauteur de la plante (**Hp**), Poids de biomasse (**Bms**), Nombre de gousses par plant (**Ngsp**), Poids de gousses fraîches par plant (**Pfgs**), Poids de gousses sèches par plant (**Psgs**),

*date de floraison (50%Fl), date de maturité (95%Mt), Poids de graines par plant (PG-P), Rendement graines (Rdt), poids de 100 graines (P100Gr), Longueur de la graine (L-Gr), Largeur de la grain (l-Gr), ** : différence hautement significative.*

3.1.1.3. Corrélations entre les caractères quantitatifs

La matrice de corrélation de Pearson présente un seuil de significativité de 5% (Tableau VIII). La majorité des caractères présentent une forte corrélation ($r > 0,60$). Les plus fortes corrélations lient les caractères morphologiques des gousses et des graines au rendement. Ainsi, le poids des graines est fortement lié au nombre de gousses (0.64). Cela indique un nombre important de gousse peut être synonyme d'un poids élevé de gousses. Les faibles corrélations les lient aux paramètres du cycle. Cependant, la plus forte corrélation positive ($r = 0,99$) associe le poids des graines par plante (PG-P) au rendement (Rdt) tandis que la plus forte corrélation négative ($r = -0,17$) lie le nombre de gousses (Ngsp) à la date de floraison (50% Fl). Les corrélations positives faibles ($r < 0,30$) existent entre le poids de 100 graines (Pm100Gr) et la date de maturité (95%Mt), le poids de graines et le poids de la biomasse (PG-P et Bmsp). Ce qui explique une faible correspondance entre ces paramètres mesurés.

Tableau V: Matrice de corrélation (Pearson (n)) entre les paramètres quantitatifs

Variables	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1.Hp	1											
2.Bmsp	0.36*	1										
3.Ngsp	0.23*	0.05	1									
4.Pfgs	0.55*	0.21*	0.73**	1								
5.Psgs	0.57*	0.22*	0.7**	0.9**	1							
6.50%Fl	-0.08	-0.04	-0.17*	-0.11	-0.10	1						
7.95%Mt	0.13	0.11	-0.05	0.09	0.06	0.4*	1					
8.PG-P	0.43*	0.19*	0.64*	0.64*	0.65*	-0.10	0.02	1				
9.Rndt	0.43*	0.18*	0.64*	0.64*	0.65*	-0.10	0.02	0.9**	1			
10.P100Gr	0.5*	0.25*	0.07	0.52*	0.46*	-0.01	0.18*	0.30*	0.30*	1		
11.L-Gr	0.57*	0.25*	0.129	0.47*	0.44*	0.07	0.19*	0.28*	0.28*	0.76**	1	
12.l-(mm)	0.4*	0.28*	0.05	0.41*	0.36*	0.03	0.16*	0.22*	0.22*	0.76**	0.81**	1

Légende : Hauteur de la plante (**Hp**), Poids de biomasse (**Bms**), Nombre de gousses par plant (**Ngsp**), Poids de gousses fraîches par plant (**Pfgs**), Poids de gousses sèches par plant (**Psgs**), date de floraison (**50%Fl**), date de maturité (**95%Mt**), Poids de graines par plant (**PG-P**), Rendement graines (**Rdt**), poids de 100 graines (**P100Gr**), Longueur de la graine (**L-Gr**), Largeur de la grain (**l-Gr**). Les valeurs en gras sont différentes de 0 ; à un niveau de signification $\alpha=0.05$; * : $p < 0,05$ (corrélacion significative), ** : $p < 0,01$ (corrélacion très significative),

3.1.1.4. Association des caractères

Les corrélations entre les composantes principales analysées et les variables initiales ont contribué à la formation des axes de l'ACP consignés dans le tableau IX. Les caractères poids (gousses fraîches, gousses sèches et graines), rendements et hauteur de la plante y sont fortement corrélés sur l'axe F1. L'axe F2 montre une corrélation forte entre le nombre de gousses, le poids 100 graines, la longueur et la largeur des graines. L'axe F3 est constitué par une forte corrélation des composantes du cycle de la production du voandzou (floraison et maturité). Seul le poids de la biomasse a contribué sur l'axe F4 ; cet axe est considéré comme étant celui de la croissance végétative du voandzou (figure8).

Tableau VI: Contributions des variables à l'association des caractères quantitatifs.

Variable	F1	F2	F3	F4
Hp(cm)	9.839	1.914	1.008	5.383
Bmsp(g)	2.523	2.465	1.048	76.635
Ngsp	7.872	16.075	1.565	1.553
Pfgs (g)	15.336	1.544	0.216	1.835
Psgs (g)	14.931	2.340	0.352	0.822
50%Fl(jrAS)	0.177	6.670	45.215	0.387
95%Mt(jrAS)	0.379	8.579	38.880	1.241
PG-P(g)	11.751	7.790	2.012	0.867
Rndt(T)	11.649	7.894	2.053	0.901
Pm100Gr(g)	9.105	12.886	2.879	3.325
L-Gr(mm)	8.941	14.767	1.259	4.148
l-Gr(mm)	7.497	17.076	3.512	2.902
Valeur propre	5.198	2.204	1.339	0.925
Variabilité (%)	43.314	18.366	11.160	7.712
% cumulé	43.314	61.680	72.840	80.552

Légende : Hauteur de la plante (**Hp**), Poids de biomasse (**Bms**), Nombre de gousses par plant (**Ngsp**), Poids de gousses fraîches par plant (**Pfgs**), Poids de gousses sèches par plant (**Psgs**), date de floraison (**50%Fl**), date de maturité (**95%Mt**), Poids de graines par plant (**PG-P**), Rendement graines (**Rdt**), poids de 100 graines (**P100Gr**), Longueur de la graine (**Lm5Gr**), Largeur de la grain (**lm5Gr**)

3.1.1.5. Structuration de la diversité agromorphologique des accessions

La classification ascendante hiérarchisée issue de la matrice des 200 accessions de voandzou a permis de générer cinq groupes sur la base de proximités inter et intra accessions des 12 caractères quantitatifs étudiés (Figure 9). Le premier groupe (1) composé de 53 accessions (43,314%) est caractérisé par des plantes de hauteur moyennes (23,7cm), le poids de la biomasse (170,67g) et un cycle de maturité moyennes (95,28jours), avec bon rendement. Le groupe 2 constitué de 21 accessions est caractérisé par le cycle de maturité moyen (95,96 jours), des plantes grandes de taille (25,92cm) et de bons rendements. Le troisième groupe (51 accessions) est beaucoup plus caractérisé par des plantes de taille moyenne (23,25cm) qui donnent des graines lourdes (109,9g) et des rendements moyens (7,32t/ha). Le groupe 4 constitué de 46 accessions est principalement basé sur le cycle de maturité moyen (94,62 jours), avec des plantes petites de taille (22,57cm) et de faibles performances de rendement (6,29t/ha). Le dernier groupe (5) renferme 29 accessions est caractérisé par des accessions à graines lourdes (118,9g) issues de plantes un peu grandes de taille (24,5cm) avec des rendements moyens (7,92t/ha) et un cycle de maturité long (97,64 jours).

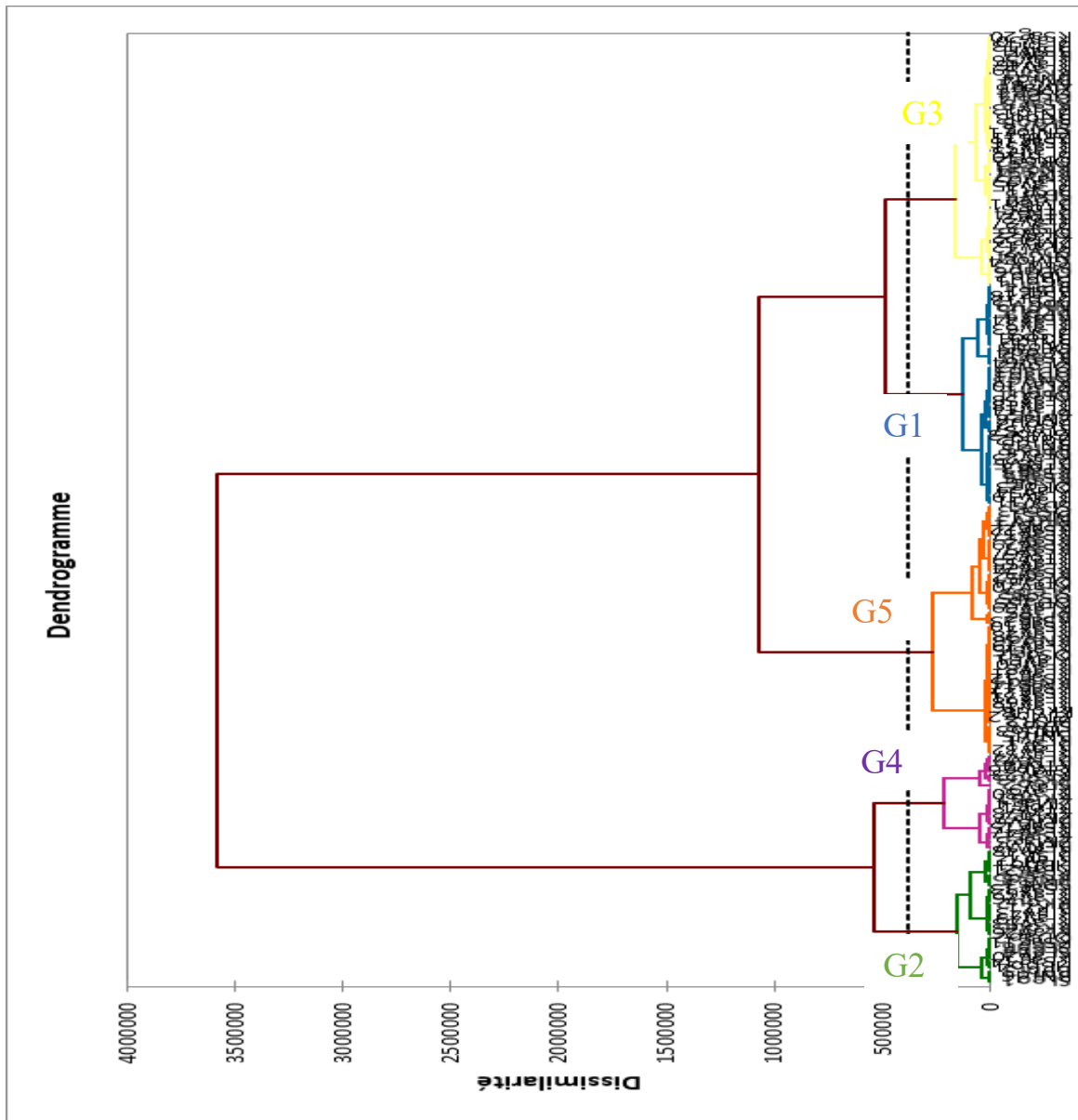


Figure 11: Dendrogramme issu de la CAH des accessions de pois de terre étudiées

3.2. Discussion

Une grande variabilité morphologique et agronomique des caractères a été observée au sein de la collection du voandzou étudiée. La couleur des graines est marquée par la prédominance des graines de couleur crème et brun. Cette prédominance peut être due à la préférence des consommateurs et des agriculteurs. Le privilège accordé à ces groupes est soit lié au rendement, ou à leur résistance face aux maladies et l'adaptation aux conditions locales. Une prédominance de la couleur crème a également été observée au Burkina Faso (Kambou et al. 2020). En effet, (Tiryaki 2016), et (Nandkangre et al. 2023) considèrent la couleur de la graine comme étant un critère pour déterminer la qualité et la valeur commerciale chez les végétaux en particulier les légumineuses. Ces informations ont été approuvées par Ouoba *et al.* (2018b) qui indiquent que la variété préférée par les consommateurs est celle de couleur crème à hile blanc pour ses qualités organoleptiques, agronomiques et esthétiques.

La présence de l'anthocyanine sur la tige et les pétioles est caractérisée par une couleur variable autres que la couleur crème observée sur les graines. La présence d'anthocyanine sur la tige et le pétiole serait une forme d'adaptation de la plante au stress environnementaux et favoriserait la pollinisation ; ce qui traduit les faibles degrés d'attaque de maladies et de ravageurs (17.8 et 22.3%). Cela s'expliquerait par la résistance naturelle des accessions de voandzou face à certains ravageurs et maladies et à leur capacité à s'adapter aux conditions locales. Elle peut également favoriser la sélection variétale. Une étude menée par Rein. (2005) a révélé que, les anthocyanines sont responsables de la coloration des organes végétaux. Selon le même auteur, les anthocyanines sont fortement influencées par les conditions pédoclimatiques. A cela s'ajoute la forme ronde (R) et ovale (Ov) ainsi que la présence des diverses formes d'œil des graines.

La différence hautement significative des caractères montre l'existence d'une forte variabilité génétique au sein de la collection. Une différence très hautement significative est obtenu pour le rendement grain et pour le poids de grains par plante. Les études menées par Baina *et al.* (2023) et par Amidou *et al.* (2022) ont présenté des similaires pour les mêmes paramètres ; ce qui nécessite le progrès de la sélection pour l'amélioration du potentiel de production du voandzou. Le nombre de gousses par plante a varié de 4 à 51. Ces valeurs sont nettement similaires à celles rapportées par Toure *et al.*, (2013), qui ont indiqué le nombre de 18 à 47 gousses par plante chez le voandzou. La différence pourrait être liée aux accessions étudiées et aux conditions pédoclimatiques de la zone d'étude. Le plus grand nombre de gousses est issu des accessions du groupe 2. Cependant, le groupe est caractérisé par des graines de grande taille

(poids, longueur et largeur élevés) et un rendement en graine élevé estimé à 12,48 tonnes par hectare. Cette valeur est largement supérieure à celles obtenues par Linnemann et al. (2000) qui ont estimé les rendements du voandzou de 650 à 850 kg/ha dans des régions semi arides tels que le Burkina Faso, le Mali et le Ghana, ainsi que celles obtenues par Toure *et al.* (2013) qui présentent des rendements variables de 448,8 à 1219,7 kg/ha. Mais les valeurs se rapprochent des résultats engrangés par Azam-Ali et al. (2001), qui affirment que les rendements du voandzou peuvent atteindre 3000 à 3500 kg/ha en conditions contrôlées avec de bonnes pratiques culturales. Selon ces auteurs, la variation de rendement pourrait également s'expliquer par les potentialités du matériel végétal et les conditions environnementales. L'évaluation des paramètres de croissance des plantes a montré une variabilité pour la hauteur de la plante et du poids de la biomasse avec les Coefficient de Fisher respectifs de $F=3,6$ et $3,18$. Toure *et al.* (2013) ont obtenu les variations relativement proches du poids de la biomasse ($F=2,73$), mais une différence de la hauteur des plantes ($F=7,22$) est notée. Selon ces auteurs, la variabilité de la hauteur et de croissance végétative entre les plantes serait liée à l'efficacité d'interception du rayonnement solaire et surtout à l'efficacité biologique de conversion de ce rayonnement en biomasse. La différence hautement significative observée pour la date 50% floraison montre une diversité du temps mis pour que les plantes fleurissent ; les accessions de voandzou auraient des cycles différents. Le coefficient de variation de la variable 95 maturité est élevé. Ces résultats corroborent ceux de Ouoba *et al.* (2016a) qui estime que les cultivars utilisés par les producteurs ont des cycles qui varient entre 50 et 120 jours. Toure *et al.*, (2013) ont obtenu trois cycles de 90, 105 et 120 jours pour des morphotypes de voandzou cultivés en Côte d'Ivoire. Cette différence de temps (jours de floraison et de maturité) pourrait être dues à certaines caractéristiques des accessions, au temps de semis et au milieu de croissance (Doumbia *et al.*, 2013). L'expression de ces caractères quantitatifs indique l'existence d'une forte variabilité génétique entre les accessions de voandzou expérimentées dans la zone Ouest du Burkina Faso.

Les fortes corrélations observées entre les paramètres du rendement et la hauteur des plantes justifient l'importance de la variabilité de la croissance végétative, de la productivité et le rendement des accessions évaluées. La forte corrélation positive obtenue entre le rendement et le poids des graines par plante, le nombre de gousses, le poids des gousses, la longueur ainsi que la largeur des graines traduit une grande variation liée aux paramètres de rendement du voandzou. Ces résultats signifieraient que les accessions ayant produit un nombre de gousses élevé ont un poids en graines élevé et des rendements élevés ; les graines longues sont aussi plus larges ; avec des plantes ayant une date de floraison plus élargie. En effet, les plantes

grandes de taille ont une productivité (nombre de gousses et de graines) et un rendement (poids des gousses et graines) élevés. Les mêmes observations ont été faites par Olukolu *et al.* (2012) et confirmées par les travaux réalisés par Ouedraogo *et al.* (2008), et par Toure *et al.* (2013) qui soulignent que le rendement est positivement lié à tous les paramètres de développement végétatif. Le rendement augmente donc avec la taille des graines (poids, longueur, largeur). Cela peut être facilité par un nombre de feuilles important qui interceptent la lumière pour favoriser la photosynthèse. La forte corrélation positive entre le nombre de gousses et le nombre de graines sont des indicateurs de rendement. Le poids et la taille des graines permettent de déduire la qualité du rendement ; les meilleurs rendements sont obtenus à partir des graines plus grosses et plus lourdes. Les accessions de voandzou ont un cycle de production variable de 68 à 112 JAS. Les accessions à cycle court sont les plantes de petite taille. Le cycle long est caractérisé par les plantes de grande taille avec un rendement élevé.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Les résultats obtenus de la caractérisation agromorphologique des accessions de voandzou ont permis d'élaborer une liste des meilleures accessions adaptées aux conditions locales pour une amélioration de la production du voandzou dans la zone Ouest du Burkina Faso. Une très grande variabilité a été observée au sein du matériel végétal étudié caractérisée par l'existence de plusieurs caractères discriminants favorisant la répartition des accessions en cinq groupes ; ce qui vérifie les hypothèses (1 et 2). Les accessions du groupe 2 ont présenté un rendement élevé et un cycle de maturation moyen ; des accessions plus performantes sont entre autres BENV7, Klay77, ZMag10, Klay30, SLeo2. La troisième hypothèse est vérifiée. Les caractéristiques du groupe 1 le rendent plus favorable pour des critères de choix basés sur la taille moyenne des plantes, un cycle de maturité moyen et un bon rendement des graines. Une bonne exploitation des différents groupes d'accessions serait un atout pour la sélection de nouvelles variétés plus résistantes et plus productives répondant aux besoins des producteurs dans la résolution de l'insécurité alimentaire et l'amélioration de la qualité nutritionnelle. Etant donné que les caractères quantitatifs peuvent être influencés par le milieu, Une évaluation multi locale et pluri annuelle permettra de déterminer l'effet des facteurs environnementaux sur la variabilité observée et d'identifier des génotypes stables. De plus une identification des parasites responsables des maladies pourrait permettre de lutter efficacement contre ces maladies.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Ouili A, Y Maiga, Ouoba Ad, Nankangre H, Compaore C O T, Nikiema M, Ouedraogo M, et Ouattara A S. 2022.** Post-Harvest Management Practices Of Bambara Groundnut (*Vigna Subterranea* (L.) Verdc) Seeds In Burkina Faso. *European Scientific Journal, ESJ* 18(14):239. doi: 10.19044/esj.2022.v18n14p239.
- Mbosso C, A Berthe Niang, Y Mohamadou, S Padulosi, A Sidibe and G Meldrum 2018.** Mémoire de recherche : La chaîne de valeur et le potentiel de marché du voandzou Tiganikourou » pour renforcer la résilience climatique, la sécurité alimentaire et les revenus des femmes au Mali. Credit: *Bioversity International/G. Meldrum*, Institut d’Economie Rurale BP 258, Rue Mohamed V Bamako, Mali. p4.
- Azam-Ali, S. N., A. Sesay, S. K. Karikari, F. J. Massawe, J. Aguilar-Manjarrez, M. Bannayan, et K. J. Hampson. 2001.** Assessing the potential of an underutilized crop—a case study using Bambara groundnut. *Experimental Agriculture* 37(4):433-72. doi: 10.1017/S0014479701000412.
- Baina, D-J, Issa Z M Mourtala, M Mourtala, M A, A Razakou, et I Bio. 2023.** Étude de la Variabilité agro morphologique de 81 accessions de Voandzou [*Vigna subterranea* (L.) Verdc] au Niger. 183:2023.
- Baudoin, J-P, 2001.** Contribution des ressources phylogénétiques à la sélection variétale de légumineuses alimentaires tropicales. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 2001 5 (4), 221–230
- Wang-Bara B, Amedep D, J H Djida, et M Guiwa. 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. doi: 10.19044/esj.2021.v17n17p213.
- Bori, H, A K N Jika, R Maazou, H A Mounkaila, M R Sabo, I D Guimbo, et A Toudou. 2024.** Caractérisation agronomique de six (6) morphotypes de voandzou (*Vigna subterranea* L. verdc) cultivés au Niger. *European Scientific Journal, ESJ* 20(24):140. doi: 10.19044/esj.2024.v20n24p140.
- Madou C, W Djakissam, Vatsou J, Ardjoune F, Ndjouenkeu Robert, Goudoum A, Ngassoum M B, et 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. *European Scientific Journal, ESJ* 14(18):424. doi: 10.19044/esj.2018.v14n18p424.
- Doumbia, I Z., R Akromah, et J Y. Asibuo. 2013.** Comparative study of cowpea germplasms diversity from Ghana and Mali using morphological characteristics. *Journal of Plant Breeding and Genetics* 1(3):139-47.

- Gbaguidi, A. A., I. Dossou-Aminon, A. P. Agre, A. Dansi, P. Rudebjer, et R. Vodouhe. 2016.** Promotion de la chaîne des valeurs des espèces négligées et sous-utilisées au Bénin : cas du voandzou (*Vigna subterranea* L. Verdc.). *International Journal of Neglected and Underutilized Species* (2016) 2: 19-32
- Haladou, I O, Eleonora D F, F R S Tietiambou, F Grazioli, T Borelli, A K N Jika, G Otieno, G Lochetti, F Acasto, A Ghione, P Pugliese, M R Bteich, R Callieris, Gianluigi C, H E Bilali, M Gonnella, A Moretti, N Calabrese, I D Guimbo, L Dambo, J Nanema, A B Diawara, et B Nouhou. 2024.** Caractérisation des chaînes de valeur et des marchés des cultures négligées et sous-utilisées à l'Ouest du Niger : cas de patate douce, manioc, moringa, gombo, oseille et voandzou. *International Journal of Biological and Chemical Sciences* 18(2):614-32. doi: 10.4314/ijbcs.v18i2.23.
- Ibrahim, A Z Yaou, A Agali, S Sani, et H I Amadou. 2018.** Etude de la variabilité génétique de 19 accessions de voandzou *Vigna subterranea* (L.) Verdcourt de l'extrême et du centre Est du Niger. *International Journal of Innovation and Applied Studies* ISSN 2028-9324 Vol. 38 No. 3 Jan. 2023, pp. 682-694 © 2023 Innovative Space of Scientific Research Journals <http://www.ijias.issr-journals.org/>
- Amadou H I, Y Bakasso, Z A Mayaki, A Doumma, et I M Boucar. 2015.** Diagnostic participatif de la diversité de morphotypes et des connaissances locales en matière de culture du Voandzou (*Vigna Subterranea* L.) au Niger. *European Scientific Journal* December 2018 edition Vol.14, No.36 ISSN: 1857 – 7881 (Print) e - ISSN 1857- 7431
- Kambou, D J, H Nandkangre, Adjima Ouoba, Moussa N' Konate, N Sawadogo, M Ouedraogo, et M Sawadogo. 2020. Agro-Morphological Characterization of Bambara Nut Accessions [*Vigna Subterranean* (L) Verdcourt] from Burkina Faso. *Journal of Applied Biosciences* 153(1):15727-44.
- Linnemann, U., M. Gehmlich, M. Tichomirowa, B. Buschmann, L. Nasdala, P. Jonas, H. Lützner, et K. Bombach. 2000.** From Cadomian Subduction to Early Palaeozoic Rifting: The Evolution of Saxo-Thuringia at the Margin of Gondwana in the Light of Single Zircon Geochronology and Basin Development (Central European Variscides, Germany). *Geological Society, London, Special Publications* 179(1):131-53. doi: 10.1144/GSL.SP.2000.179.01.10.
- Mbaïogaou, A., A. Hema, M. Ouedraogo, E. Pale, M. Naitormbaide, Y. Mahamout, et M. Nacro. 2013.** Etude comparative des teneurs en polyphénols et en antioxydants totaux d'extraits de graines de 44 variétés de voandzou (*Vigna subterranea* (L.) Verdcourt). *International Journal of Biological and Chemical Sciences* 7(2):861-71. doi: 10.4314/ijbcs.v7i2.41.
- Nandkangre, H, K F Zongo, D J Kambou, M Bonkougou, N'G M Konate, A Ouoba, Aimé Sévérin Kima, et M Ouedraogo. 2023.** Effect of NPK Application Dates on Agronomic Parameters of Two Bambara Groundnut Varieties Cultivated on Ferric

- Lixisol in Northern Sudanian Sector of Burkina Faso ». *World Journal of Advanced Research and Reviews* 19(1):246-53. doi: 10.30574/wjarr.2023.19.1.1305.
- Ngolela, C. B., N. U. Nyongombe, J. K. Punga, J. C. T. Kamb, et K. N. Ngbolua. 2023.** Évaluation de l'intérêt de la chasse et du Trafic de la Faune pour les populations riveraines à la Réserve de Faune de Lomako-Yokokala (RDC) et proposition des alternatives socio-économiques ». *Journal of Applied Biosciences* 184:19311-32. doi: 10.35759/JABs.183.6.
- Olukolu, Bode A., Sean M, F Stadler, N. Quat Ng, I Fawole, Dumet D, Sayed N. Azam-Ali, A G. Abbott, et C Kole. 2012.** Genetic Diversity in Bambara Groundnut (*Vigna Subterranea* (L.) Verdc.) as Revealed by Phenotypic Descriptors and DArT Marker Analysis. *Genetic Resources and Crop Evolution* 59(3):347-58. doi: 10.1007/s10722-011-9686-5.
- Ouedraogo, M., J. T. Ouedraogo, J. B. Tignere, D. Bilma, C. B. Dabire, et G. Konate. 2008.** Characterization and Evaluation of Accessions of Bambara Groundnut (*Vigna Subterranea* (L.) *Verdcourt*) from Burkina Faso. *Sciences & Nature* 5(2):191-97. doi: 10.4314/scinat.v5i2.42164.
- Rein, M. J. 2005.** Copigmentation Reactions and Color Stability of Berry Anthocyanins. (dissertation). EKT series 1331. University of Helsinki, Department of Applied Chemistry and Microbiology. 88 + 34 pp
- Tiryaki, O. 2016.** Validation of QuEChERS method for the determination of some pesticide residues in two apple varieties. *Journal of Environmental Science and Health, Part B* 51(10):722-29. doi: 10.1080/03601234.2016.1191922.
- NDIANG Z, BELL J M, MISSOUP A D, FOKAM P E, et A Akoa. 2012.** Étude de la variabilité morphologique de quelques variétés de voandzou [*Vigna subterranea* (L.) *Verdc*] au Cameroun. *Journal of Applied Biosciences* 60: 4410– 4420
- Amidou O., Maiga Y., Ouoba A., Nankangre H., Compaoré C.O.T., Nikiema M., Ouédraogo M. et Ouattara A.S., 2022.** Post-Harvest Management Practices Of Bambara Groundnut (*Vigna Subterranea* (L.) *Verdcourt*) Seeds In Burkina Faso. *European Scientific Journal*, ESJ 18(14):239. doi: 10.19044/esj. 2022.v18n14p239.
- Andriamananjara A., 2011.** Système de culture a rotation Voandzou-Riz pluvial (*Oryza Sativa*) sur les hautes terres de Madagascar. Rôle du voandzou (*Vigna Subterranea* (L.) *Verdcourt*) sur la biodisponibilité du phosphore dans les Ferralsols. Thèse de doctorat en sciences agronomiques. Université d'Antananarivo. 186p.
- Baudoin J.P., 2001.** Contribution des ressources phylogénétiques à la sélection variétale de légumineuses alimentaires tropicales. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 5 (4), 221–230

- Belem M., Zoungrana M. et Nabaloum M.O., 2018.** Les Effets Combinés Du Climat et Des Pressions Anthropiques Sur La Forêt Classée de Toéssin, Burkina Faso. *International Journal of Biological and Chemical Sciences* 12(5):2186-2201. doi: 10.4314/ijbcs.v12i5.20.
- Bori H., Jika A.K.N., Maazou R., Mounkaila H.A., Sabo M.R.H., Guimbo I.D. et Toudou A., 2024.** Caractérisation agronomique de six (6) morphotypes de voandzou (*Vigna subterranea* L. *verdc*) cultivés au Niger. *European Scientific Journal*, ESJ 20(24):140. doi: 10.19044/esj.2024.v20n24p140.
- Madou C., Djakissam W., Jeremie V., Fatime A., Ndjouenkeu R., Goudoum A., Ngassoum M.B. et 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. *European Scientific Journal*, ESJ 14(18):424. doi: 10.19044/esj.2018.v14n18p424.
- Dembele Y. et L. Some. 1991.** Propriétés hydrodynamiques des principaux types de sol du Burkina Faso. *IAHS-AISH publication* (199):217-27.
- Diallo S. K., SORO D., KONE K. Y., ASSIDJO N. E., YAO K. B., GNAKRI D. 2015.** Fortification et substitution de la farine de blé par la farine de Voandzou (*Vigna subterranea* L. *verdc*) dans la production des produits de boulangerie. *International Journal of Innovation and Scientific Research* ISSN 2351-8014 Vol. 18 No. 2 Oct. 2015, pp. 434-443 © 2015 Innovative Space of Scientific Research Journals <http://www.ijisr.issr-journals.org/>
- Diello P., Gil M., Paturel J.E., Dezetter A., Delclaux F., Servat E. et Ouattara F., 2005.** Relations indices de Végétation–Pluie au Burkina Faso: Cas du Bassin Versant du Nakambé/Relationship between Rainfall and Vegetation Indexes in Burkina Faso: A Case Study of the Nakambé Basin. *Hydrological Sciences Journal* 50(2):221. doi: 10.1623/hysj.50.2.207.61797.
- Gbaguidi A. A., Dossou A.I., Agre A.P., Dansi A., Rudebjer P. et Vodouhe R., 2016.** Promotion de la chaine des valeurs des espèces négligées et sous- utilisées au Bénin: cas du voandzou (*Vigna subterranea* L. *Verdc.*). *International Journal of Neglected and Underutilized Species* (2016) 2: 19-32
- Haladou I. O., Eleonora D. F., Tietiambou F.R.S., Grazioli F., Borelli T, Jika A.K. N., Otieno G., Gaia L., F. Acasto., A Ghione., P Pugliese., M R Bteich., R Callieris., G Cardone., H.E Bilali., Gonnella M., Moretti A., Calabrese N., Guimbo I.D., Dambo L., Nanema J., Diawara A. B. et Nouhou B., 2024.** Caractérisation des chaînes de valeur et des marchés des cultures négligées et sous-utilisées à l’Ouest du Niger : cas de patate douce, manioc, moringa, gombo, oseille et voandzou. *International Journal of Biological and Chemical Sciences* 18(2):614-32. doi: 10.4314/ijbcs.v18i2.23.

- Yaou I.A Z., Agali A., Sani I .S. et Amadou H I., 2023.** Etude de la variabilité génétique de 19 accessions de voandzou « *Vigna subterranea* (L.) *Verdcourt* » de l'Extrême et du centre Est du Niger. *International Journal of Innovation and Applied Studies* ISSN 2028-9324 Vol. 38 No. 3 Jan. 2023, pp. 682-694© 2023 Innovative Space of Scientific Research Journals <http://www.ijias.issr-journals.org/>
- Harouna I.A., Agali A, Sani D.O. et Kodo S.B., 2018.** Variabilité Morphologique Et Agronomique Des Morphotypes De Voandzou (*Vigna Subterranea* (L.) Cultivés Dans La Zone Sahélienne Du Niger. *European Scientific Journal ESJ* 14(36). doi: 10.19044/esj.2018.v14n36p377.
- HAROUNA I.A., Bakasso Y., Mayaki Z.A, Doumma A. et Boucar I. M., 2014.** Diagnostic participatif de la diversité de morphotypes et des connaissances locales en matière de culture du Voandzou (*Vigna Subterranea* L.) au Niger. *International Journal of Innovation and Applied Studies* ISSN 2028-9324 Vol. 9 No. 4 Dec. 2014, pp. 1915-1925 © 2014 Innovative Space of Scientific Research Journals <http://www.ijias.issr-journals.org/>
- Kouame C., 2013.** Evaluation des pertes post-recoltes dans la chaîne de production et commercialisation des légumes feuilles traditionnels à Yaoundé (Cameroun). *Agronomie Africaine* 25 (1) : 61 - 70 (2013)
- Lourme R.A., Dury S. et Prével Y.M., 2016.** Consomme-t-on ce que l'on sème ? Relations entre diversité de la production, revenu agricole et diversité alimentaire au Burkina Faso. *Cahiers Agricultures* 25(6):65001. doi: 10.1051/cagri/2016038.
- Massawe F. J., M., Dickinson, J. A. R. et Azam-Ali S. N., 2002.** Genetic Diversity in Bambara Groundnut (*Vigna Subterranea* (L.) *Verdc*) Landraces Revealed by AFLP Markers. *Genome* 45(6):1175-80. doi: 10.1139/g02-093.
- Mbaiogaou A., Hema A., Ouedraogo M., Pale E., Naitormbaide M., Mahamout Y. et Nacro M., 2013.** Etude comparative des teneurs en polyphénols et en antioxydants totaux d'extraits de graines de 44 variétés de voandzou (*Vigna subterranea* (L.) *Verdcourt*). *International Journal of Biological and Chemical Sciences* 7(2):861-71. doi: 10.4314/ijbcs.v7i2.41.
- Ngolela C. B., Nyongombe N. U., Punga J. K., Kambou J. C. T. et Ngbolua K. N., 2023.** Évaluation de l'intérêt de la chasse et du Trafic de la Faune pour les populations riveraines à la Réserve de Faune de Lomako-Yokokala (RDC) et proposition des alternatives socio-économiques. *Journal of Applied Biosciences* 184 :19311-32. doi: 10.35759/JABs.183.6.
- Ouoba A., Nadembega S., Konaté M.N., Nandkangré H., M Ouédraogo. et M Sawadogo., 2018.** « Variabilité De La Coloration Du Tégument Des Graines De Voandzou Cultivées Au Burkina Faso Et Les Noms Locaux Associes ». *European Scientific Journal, ESJ* 14(33):188. doi: 10.19044/esj. 2018.v14n33p188.

- Ouoba Ad., Ouedraogo M., Sawadogo M. et Nadembega S. 2016.** Aperçu de la culture du voandzou (*Vigna subterranea* (L.) Verdcourt) au Burkina Faso : enjeux et perspectives d'amélioration de sa productivité. *International Journal of Biological and Chemical Sciences* 10(2):652. doi: 10.4314/ijbcs.v10i2.17.
- Pasquet R S. et Otso M F., 2005.** Une légumineuse alimentaire, le niébé. P. 88-90 in *Atlas de la province Extrême-Nord Cameroun*, édité par C. Seignobos et O. Iyébi-Mandjek. IRD Éditions.
- Savadogo P W., Lompo F, Bonzi-Coulibaly Y L., Traoré A S. et Sedogo P., 2008.** Influence de la Température et des Apports de Matière Organique sur la Dégradation de l'Endosulfan dans trois types de Sols de la Zone Cotonnière du Burkina Faso.
- Tinkeu L S N., Goudoum A., Djakissam W. et Madou C., 2016.** Les bruches du voandzou *Vigna subterranea* (L.) et les outils de protection post récolte dans le Nord du Cameroun. *Entomologie Faunistique – Faunistic Entomology* 2016 69, 83-89
- Toure Y., Koné M., Silué S. et Kouadio Y J., 2013.** Prospection, collecte et caractérisation agromorphologique des morphotypes de voandzou (*Vigna subterranea* (L.) Verdcourt) de la zone savanicole en Côte d'Ivoire. *European Scientific Journal* vol.9, No.24 ISSN : 1857 – 7881 (Print) e - ISSN 1857- 7431
- Coulibaly Z., Barro A., Tignegre J B., Kiebre Z., Batieno B J., Dieni Z. et Nanama J., 2020.** Évaluation des performances agronomiques de douze (12) variétés de niébé vert [*Vigna unguiculata* (L.) walp.] au Burkina Faso. *Journal of Applied Biosciences* 153 :15745-55. doi: 10.35759/JABs.153.2.

ANNEXES

Annexe 1: liste des accessions et leur origine

N	Accessions	Pays	Régions	Province
1	SLeo1	Burkina Faso	Sissili	Léo
2	ODap3	Burkina faso	Oubritenga	Dapelogo
3	KLay2	Burkina faso	Kourwéogo	Laye
4	BPbi9	Burkina faso	Boulkiemdé	Pelbilin
5	BPbi3	Burkina faso	Boulkiemdé	Pelbilin
6	Klay54	Burkina faso	Kourwéogo	Laye
7	KSag18	Burkina faso	Kourwéogo	Sagla
8	KTog3	Burkina faso	Kourwéogo	Toeghen
9	KSag9	Burkina faso	Kourwéogo	Sagla
10	NIGV9	Niger	non précise	non précise
11	SLeo4	Burkina faso	Sissili	Léo
12	KLay45	Burkina faso	Kourwéogo	Laye
13	ODap6	Burkina faso	Oubritenga	Dapelogo
14	BNid2	Burkina faso	Boulkiemdé	Nidaga
15	KLay3	Burkina faso	Kourwéogo	Laye
16	SLeo6	Burkina faso	Sissili	Léo
17	KLay56	Burkina faso	Kourwéogo	Laye
18	HBbo2	Burkina faso	Houet	Bobo-dioulasso
19	ODap1	Burkina faso	Oubritenga	Dapelogo
20	Klay49	Burkina faso	Kourwéogo	Laye
21	Klay61	Burkina faso	Kourwéogo	Laye
22	KLay67	Burkina faso	Kourwéogo	Laye
23	ZMag2	Burkina faso	Zoundwéogo	Manga

24	BISR1	Burkina faso	INERA	INERA
25	BPbi13	Burkina faso	Boulkiemdé	Pelbilin
26	KLay46	Burkina faso	Kourwéogo	Laye
27	ODap2	Burkina faso	Oubritenga	Dapelogo
28	BPbi1	Burkina faso	Boulkiemdé	Pelbilin
29	OKog2	Burkina faso	Oubritenga	Kolgondiéssé
30	SLeo5	Burkina faso	Sissili	Léo
31	KLay76	Burkina faso	Kourwéogo	Laye
32	KSag22	Burkina faso	Kourwéogo	Sagla
33	KLay70	Burkina faso	Kourwéogo	Laye
34	KLay4	Burkina faso	Kourwéogo	Laye
35	KSag10	Burkina faso	Kourwéogo	Sagla
36	KLay8	Burkina faso	Kourwéogo	Laye
37	BNid5	Burkina faso	Boulkiemdé	Nidaga
38	KLay47	Burkina faso	Kourwéogo	Laye
39	KSag1	Burkina faso	Kourwéogo	Sagla
40	KSag8	Burkina faso	Kourwéogo	Sagla
41	KLay15	Burkina faso	Kourwéogo	Laye
42	OSog2	Burkina faso	Oubritenga	Sogpelcé
43	OSog1	Burkina faso	Oubritenga	Sogpelcé
44	KLay17	Burkina faso	Kourwéogo	Laye
45	KLay30	Burkina faso	Kourwéogo	Laye
46	KKou1	Burkina faso	Kouritenga	Koupèla
47	ODap4	Burkina faso	Oubritenga	Dapelogo
48	KLay62	Burkina faso	Kourwéogo	Laye
49	BPbi2	Burkina faso	Boulkiemdé	Pelbilin

50	KLay5	Burkina faso	Kourwéogo	Laye
51	KSag3	Burkina faso	Kourwéogo	Sagla
52	Klay60	Burkina faso	Kourwéogo	Laye
53	KLay57	Burkina faso	Kourwéogo	Laye
54	NIGV1	Niger	non precise	non precise
55	KSag11	Burkina faso	Kourwéogo	Sagla
56	KLay68	Burkina faso	Kourwéogo	Laye
57	KLay20	Burkina faso	Kourwéogo	Laye
58	SDyr5	Burkina faso	Sanguié	Dydir
59	HBbo1	Burkina faso	Houet	Bobo-dioulasso
60	KSag6	Burkina faso	Kourwéogo	Sagla
61	OLou2	Burkina faso	Oubritenga	Loumbila
62	KTog2	Burkina faso	Kourwéogo	Toeghen
63	SDyr2	Burkina faso	Sanguié	Dydir
64	BISP1	Burkina faso	INERA	INERA
65	Klay11	Burkina faso	Kourwéogo	Laye
66	BISP2	Burkina faso	INERA	INERA
67	BISM1	Burkina faso	INERA	INERA
68	KLay63	Burkina faso	Kourwéogo	Laye
69	KLay75	Burkina faso	Kourwéogo	Laye
70	BNid3	Burkina faso	Boulkiemdé	Nidaga
71	GMog3	Burkina faso	Ganzourgou	Mogtédó
72	Klay50	Burkina faso	Kourwéogo	Laye
73	BNid1	Burkina faso	Boulkiemdé	Nidaga
74	KSag12	Burkina faso	Kourwéogo	Sagla
75	OSog4	Burkina faso	Oubritenga	Sogpelcé

76	BPlé1	Burkina faso	Boulkiemdé	Pella
77	KLay13	Burkina faso	Kourwéogo	Laye
78	KSag20	Burkina faso	Kourwéogo	Sagla
79	KKou2	Burkina faso	Kouritenga	Koupèla
80	ZMag6	Burkina faso	Zoundwéogo	Manga
81	KLay29	Burkina faso	Kourwéogo	Laye
82	Klay72	Burkina faso	Kourwéogo	Laye
83	KLay79	Burkina faso	Kourwéogo	Laye
84	KLay52	Burkina faso	Kourwéogo	Laye
85	BENV5	Bénin	non precise	non precise
86	BGou2	Burkina faso	Bazèga	Goundrin
87	ZMag8	Burkina faso	Zundwéogo	Manga
88	BENV2	Bénin	non precise	non precise
89	KLay21	Burkina faso	Kourwéogo	Laye
90	KLay23	Burkina faso	Kourwéogo	Laye
91	ZMag4	Burkina faso	Zoundwéogo	Manga
92	KSag21	Burkina faso	Kourwéogo	Sagla
93	KTog5	Burkina faso	Kourwéogo	Toeghen
94	KTog4	Burkina faso	Kourwéogo	Toeghen
95	KLay55	Burkina faso	Kourwéogo	Laye
96	SLeo2	Burkina faso	Sissili	Léo
97	KTog1	Burkina faso	Kourwéogo	Toeghen
98	KLay16	Burkina faso	Kourwéogo	Laye
99	KSag15	Burkina faso	Kourwéogo	Sagla
100	OSog5	Burkina faso	Oubritenga	Sogpelcé
101	KLay6	Burkina faso	Kourwéogo	Laye

102	NIGV4	Niger	non precise	non precise
103	HBbo4	Burkina faso	Houet	Bobo-dioulasso
104	KLay12	Burkina faso	Kourwéogo	Laye
105	KLay64	Burkina faso	Kourwéogo	Laye
106	BENV4	Bénin	non precise	non precise
107	KKou5	Burkina faso	Kouritenga	Koupèla
108	BISK1	Burkina faso	INERA	INERA
109	KLay19	Burkina faso	Kourwéogo	Laye
110	OLou5	Burkina faso	Oubritenga	Loumbila
111	KSag14	Burkina faso	Kourwéogo	Sagla
112	Klay65	Burkina faso	Kourwéogo	Laye
113	KKou4	Burkina faso	Kouritenga	Koupèla
114	BPbi4	Burkina faso	Boulkiemdé	Pelbilin
115	Klay31	Burkina faso	Kourwéogo	Laye
116	KSag4	Burkina faso	Kourwéogo	Sagla
117	KLay59	Burkina faso	Kourwéogo	Laye
118	BENV3	Bénin	non precise	non precise
119	KLay71	Burkina faso	Kourwéogo	Laye
120	KLay44	Burkina faso	Kourwéogo	Laye
121	BNid4	Burkina faso	Boulkiemdé	Nidaga
122	KLay69	Burkina faso	Kourwéogo	Laye
123	Klay43	Burkina faso	Kourwéogo	Laye
124	KNed6	Burkina faso	Kadiogo	Needogo
125	OLou4	Burkina faso	Oubritenga	Loumbila
126	KKbr1	Burkina faso	Kadiogo	Koubri
127	SDyr3	Burkina faso	Sanguié	Dydir

128	GMog2	Burkina faso	Ganzourgou	Mogtèdo
129	KKou6	Burkina faso	Kouritenga	Koupèla
130	BIKZ1	Burkina faso	INERA	INERA
131	BISS1	Burkina faso	INERA	INERA
132	BENV7	Bénin	non precise	non precise
133	KLay48	Burkina faso	Kourwéogo	Laye
134	BENV6	Bénin	non precise	non precise
135	KLay28	Burkina faso	Kourwéogo	Laye
136	SDyr1	Burkina faso	Sanguié	Dydir
137	KSag2	Burkina faso	Kourwéogo	Sagla
138	ZMag5	Burkina faso	Zoundwéogo	Manga
139	ZMag7	Burkina faso	Zoundwéogo	Manga
140	OLou1	Burkina faso	Oubritenga	Loumbila
141	KSag13	Burkina faso	Kourwéogo	Sagla
142	KSag23	Burkina faso	Kourwéogo	Sagla
143	BPlé2	Burkina faso	Boulkiemdé	Pella
144	OSog3	Burkina faso	Oubritenga	Sogpelcé
145	BGod3	Burkina faso	Bazèga	Godin
146	KLay26	Burkina faso	Kourwéogo	Laye
147	SDyr8	Burkina faso	Sanguié	Dydir
148	BPbi10	Burkina faso	Boulkiemdé	Pelbilin
149	KLay78	Burkina faso	Kourwéogo	Laye
150	BISR2	Burkina faso	INERA	INERA
151	BISB1	Burkina faso	INERA	INERA
152	BGod4	Burkina faso	Bazèga	Godin
153	KNed1	Burkina faso	Kadiogo	Needogo

154	KLay58	Burkina faso	Kourwéogo	Laye
155	OLou6	Burkina faso	Oubritenga	Loumbila
156	BMen1	Burkina faso	Boulkiemdé	Méninga
157	OKog3	Burkina faso	Oubritenga	Kolgondiéssé
158	KTog6	Burkina faso	Kourwéogo	Toeghen
159	BGod1	Burkina faso	Bazèga	Godin
160	BPbi12	Burkina faso	Boulkiemdé	Pelbilin
161	KNed3	Burkina faso	Kadiogo	Needogo
162	KLay51	Burkina faso	Kourwéogo	Laye
163	KLay27	Burkina faso	Kourwéogo	Laye
164	SLeo3	Burkina faso	Sissili	Léo
165	KLay22	Burkina faso	Kourwéogo	Laye
166	KLay1	Burkina faso	Kourwéogo	Laye
167	KLay25	Burkina faso	Kourwéogo	Laye
168	OLou3	Burkina faso	Oubritenga	Loumbila
169	BNid6	Burkina faso	Boulkiemdé	Nidaga
170	SDyr7	Burkina faso	Sanguié	Dydir
171	BGou1	Burkina faso	Bazèga	Goudrin
172	BPbi11	Burkina faso	Boulkiemdé	Pelbilin
173	BISP3	Burkina faso	INERA	INERA
174	KLay74	Burkina faso	Kourwéogo	Laye
175	KLay77	Burkina faso	Kourwéogo	Laye
176	KNed4	Burkina faso	Kadiogo	Needogo
177	ODap5	Burkina faso	Oubritenga	Dapelogo
178	KKou3	Burkina faso	Kouritenga	Koupèla
179	KSag7	Burkina faso	Kourwéogo	Sagla

180	KSag17	Burkina faso	Kourwéogo	Sagla
181	KNed5	Burkina faso	Kadiogo	Needogo
182	KLay9	Burkina faso	Kourwéogo	Laye
183	KLay7	Burkina faso	Kourwéogo	Laye
184	KSag5	Burkina faso	Kourwéogo	Sagla
185	KLay18	Burkina faso	Kourwéogo	Laye
186	KLay10	Burkina faso	Kourwéogo	Laye
187	BGod2	Burkina faso	Bazèga	Godin
188	KLay53	Burkina faso	Kourwéogo	Laye
189	KNed7	Burkina faso	Kadiogo	Needogo
190	GMog4	Burkina faso	Ganzourgou	Mogtèdo
191	KLay14	Burkina faso	Kourwéogo	Laye
192	GMog1	Burkina faso	Ganzourgou	Mogtèdo
193	BENV1	Bénin	non precise	non precise
194	HBbo3	Burkina faso	Houet	Bobo-dioulasso
195	NIGV3	Niger	non precise	non precise
196	Kkou8	Burkina faso	Kouritenga	Koupèla
197	BNid3	Burkina faso	Boulkiemdé	Nidaga
198	GMog6	Burkina faso	Ganzourgou	Mogtèdo
199	KSag16	Burkina faso	Kourwéogo	Sagla
200	KLay32	Burkina faso	Kourwéogo	Laye

Annexe 2: statistique descriptive des paramètres qualitatifs

Variable	Modalités	Effectifs	%
PAT	N	89	44.724
	O	110	55.276
PAP	N	89	44.724

	O	110	55.276
Clr-G	B	78	39.196
	BF	1	0.503
	BTN	1	0.503
	C	95	47.739
	O	1	0.503
	PF	14	7.035
	RB	8	4.020
	RF	1	0.503
Fm-G	OV	88	44.221
	R	111	55.779
P-oe	N	126	63.317
	O	73	36.683
Ap-oe	BFPa	30	15.075
	GT	39	19.598
	Gpa	2	1.005
	Npa	1	0.503
	S	126	63.317
	Tpext	1	0.503
Ds-Attaq	FB	2	1.005
	FBP	27	13.568
	FP	167	83.920
	FP-J	1	0.503
	F ^o P	1	0.503
	N	1	0.503
Dgré-Attaq	ELV	20	10.050
	P	2	1.005
	a	1	0.503
	p	176	88.442
P-Ravgr	CHN	1	0.503
	CHV	1	0.503
	COC	12	6.030
	COC-CHN	2	1.005
	MB	1	0.503
	N	182	91.457
Dgré-Ravgr	ELV	2	1.005
	a	184	92.462
	p	13	6.533

Légende : présence d'anthocyanine sur les tiges (PAT) et sur les pétioles (PAP), Oui (O), Non(N), la forme des graines (Fm-G), Ronde (R), Ovale (OV) et présence de l'oeil (P-oe), Description des attaques (Dsc-Attq) : feuille brûlée (FB), feuilles brûlées et percées (FBP), - jaunissement (J), mort de plante (M) ; couleur des graines (Cl-G), les coccinelles (COC), apparence de l'œil (Ap-oe), brun foncé papillon (BFPa), gris triangulaire (GT), gris papillon

(Gpa), noir papillon (Npa), simple (S), traits pourpre aux extrémités (Tpext) ; degré des attaque (Dgré-Attaq) : élevé (ELV), peu (P)