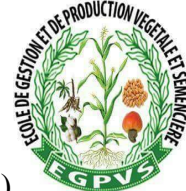




UNIVERSITE NATIONALE D'AGRICULTURE (UNA)



Ecole de Gestion et de Production Végétale et Semencière (EGPVS)

Master : Biotechnologie végétale et Production de Semences (BIOPROS)

2^{ème} Promotion

MEMOIRE DE FIN DE FORMATION

**EVALUATION AGROMORPHOLOGIQUE D'ACCESSIONS
DE LENTILLE DE TERRE [*Macrotyloma geocarpum* (Harms)
Marechal & Baudet].**



Soutenu par :

CHODATON Yélognissè Gilles

Pour l'obtention du :

Diplôme de Master professionnel en Biotechnologie Végétale et Production de Semences

Sous la supervision de :

Superviseur:

Dr Ir. (MC) Appolinaire ADANDONON
Maître de Conférences des Universités
du CAMÈS
Protection des Cultures

Co-superviseurs:

Prof. Dr Ir. Achille E. ASSOGBADJO
Professeur Titulaire de Foresterie
(FSA/UAC)

Dr Eric Etchikinto AGOYI
Enseignant-Chercheur (LEA-FSA/UAC)
Amélioration Génétique des Plantes et
Biotechnologie

Membres du jury :

Président : Prof. Dr Ir. AHANHANZO Corneille

Rapporteur : Dr Flora CHADARE

Examineur 1: Dr David MONTCHO

Examineur 2: Prof. Dr Ir. Léonard AHOTON

Année académique: 2017-2018



NATIONAL UNIVERSITY OF AGRICULTURE (UNA)

SCHOOL OF CROP AND SEEDS PRODUCTION AND
MANAGEMENT (EGPVS)



Plant Biotechnology and Seed Production (BIOPROS)

2nd Promotion

**AGROMORPHOLOGICAL EVALUATION OF KERSTING'S
GROUNDNUT ACCESSIONS [*Macrotyloma geocarpum*
(Harms) Maréchal & Baudet].**



Thesis

Submitted in partial fulfilment of the requirements for the degree of Professional Master of
Sciences (MSc) degree
in the School of Crop and Seed Production and Management
National University of Agriculture

Defended by:

CHODATON Yélognissè Gilles

Advisor:

Dr Ir. (MC) Appolinaire ADANDONON
Associate Professor
Crop Protection

Co-advisors:

Prof. Dr Ir. Achille E. ASSOGBADJO
Full Professor of Forestry (FSA/UAC)

Dr Eric Etchikinto AGOYI
Lecturer-Researcher (LEA-FSA/UAC)
Plant Breeding & Biotechnology

Examination board:

Charmain: Prof. Dr Ir. AHANHANZO Corneille

Promotor: Dr Flora CHADARE

Examiner 1: Dr David MONTCHO

Examiner 2: Prof. Dr Ir. Léonard AHOTON

Academic Year: 2017-2018

CERTIFICATION

Nous soussignés Dr Eric Etchikinto AGOYI, Prof. Dr Ir. Achille ASSOGBADJO et Dr Ir. Appolinaire ADANDONON, certifions que ce travail a été réalisé par CHODATON Yélognissè Gilles, étudiant à l'École de Gestion et de Production Végétale et Semencière (EGPVS) de l'Université Nationale d'Agriculture (UNA).

Superviseur:

Dr Ir. (MC) Appolinaire ADANDONON

Maître de Conférences des Universités du
CAMÈS

Co-superviseurs:

Prof. Dr Ir. Achille E. ASSOGBADJO

Professeur Titulaire de Foresterie (FSA/UAC)

Co-superviseur:

Dr Eric Etchikinto AGOYI

Enseignant-Chercheur (LEA-FSA/UAC)

Amélioration Génétique des Plantes et Biotechnologie

DEDICACE

En toute gratitude et amour, je dédie ce travail de fin de formation à :

- mon très cher père Fernand-Silvère CHODATON.

REMERCIEMENTS

Au terme de ce travail, mes sincères remerciements vont à l'endroit de tous ceux qui ont incité, permis et favorisé sa concrétisation. A cet effet, les vifs remerciements vont à l'endroit du :

- Projet Doyiwé, la structure ayant assurée le financement et la conduite de ce travail ;
- Prof. Dr Ir. Achille ASSOGBADJO coordonnateur du projet Doyiwé ;
- Dr Ir. Appolinaire ADANDONON, Directeur de l'Ecole de Gestion et de Production Végétale et Semencière, coordonnateur du Master BIOPROS, qui a accepté diriger le présent travail ;
- Dr Eric AGOYI, qui a aussi accepté diriger avec attention et intérêt le présent travail. Ses orientations, remarques objectives, constructives et pertinentes ont été très bénéfiques pour la réalisation de ce travail ;
- Prof. Dr Ir. Corneille AHANHANZO, Prof. Dr Ir. Léonard AHOTON, le Dr Flora CHADARE et le Dr David MONTCHO, tous membres du jury, pour leur contribution à l'amélioration de la qualité scientifique de ce travail ;
- Le personnel enseignant de l'UNA qui a contribué à la formation des étudiants de l'UNA;
- , Dr Pierre Codjo MELIHO, Dr Ir. Symphorien AGBAHOUNGBA pour leurs conseils, orientations dans la réalisation de ce travail ;
- M. Marcellin Jean-Marie TCHIAKPE pour sa disponibilité et son aide dans la relecture du document ;
- M. Médard KAFOUTCHONI, M. Fréjus SODEDJI, M. Hospice SOSSOU qui m'ont activement aidé lors de l'installation de l'essai, la collecte des données, leur traitement et la rédaction de ce document ;
- M. Arnaud DJANTA, M. Dieudonné KPOVIESSI pour leurs apports, conseils et orientations dans la réalisation de ce document ;
- Ulrich, Gloria, Gorétti CHODATON pour leur amour et soutien ;
- Emile OGOUGBE, Brunith AHOKPESSI, Donatien HOUNYEVOU, Marcel AGBAHOUNGBA, Albéric ALLAGBE, Gislain AGONVENON, HESSOU Sèdjro Rodrigue, Mouiz SALAOU, Aimé KETEKLE et Sergino AYI pour leur aide tout au long de la collecte la saisie des données ;
- Isabelle MENEBOODE, Jessica OLORY pour leur apport spirituel, matériel et financier ;
- Tous les ami(e)s de la deuxième promotion de Master BIOPROS et de la première promotion d'EGPVS respectivement pour les deux années de travail et de sympathie passées ensemble et pour leur aide tout au long de ce travail ;

Enfin, pour tous ceux et toutes celles dont les noms n'apparaissent pas sur cette page, ils sont nombreux, qu'ils demeurent convaincus, que je ne les ai point oubliés et qu'ils soient assurés de ma profonde gratitude.

Résumé

La lentille de terre, *Macrotyloma geocarpum* (Harms) Maréchal & Baudet est l'une des légumineuses à gousses souterraines qui regorgent d'énormes potentialités. Communément appelé "doyiwé", elle est plus produite au Sud et au Centre du Bénin où ses graines sont très appréciées, surtout en période de fêtes de fin d'année. L'objectif de cette étude est de faire une évaluation agro-morphologique des accessions de la lentille de terre, pour la variabilité et la structuration de la diversité agro-morphologique au sein des accessions et la conservation de celles porteuses des caractères intéressants pour des programmes d'amélioration variétale. L'étude a été réalisée sur 81 accessions de lentille de terre dont 70 collectées dans différentes zones agro-écologiques du Bénin et 11 en provenance du Burkina-Faso. L'essai a été conduit sur la ferme expérimentale du centre de recherche agricole coton et fibre de l'antenne de Cana sise à Djidja (Djègbatin) suivant un dispositif en alpha plan (alpha lattice) et ceci avec trois répétitions. Trente-et-quatre (34) descripteurs agro-morphologiques dont vingt-deux (22) quantitatifs et douze (12) qualitatifs ont été étudiés. Les résultats de l'indice de diversité de Shannon-Weaver (H'), de la statistique descriptive, des analyses multivariées (ACP, AFC et CHA) ont révélé une variabilité considérable. Ainsi, les caractères tels que le port de la plante ($H'=0,68$), la pigmentation de la tige ($H'=0,41$), la couleur de la fleur ($H'=0,50$), la forme d'yeux ($H'=0,47$) présentaient une grande diversité tant au sein des accessions du Bénin que celles du Burkina. La classification hiérarchique ascendante a révélé, pour les caractères quantitatifs, trois groupes caractérisés respectivement par des accessions tardives et de faible rendement, des accessions au rendement intermédiaire avec un bon développement végétatif et enfin des accessions performantes avec un rendement élevé. D'autre part, pour les caractères qualitatifs, 4 groupes ont été observés. La longueur des graines était fortement significative ($P < 0,001$) avec une moyenne de 8.21 ± 0.03 mm.

Mots clés : *Macrotyloma geocarpum*, diversité morphologique, caractérisation agro-morphologiques, Shannon-Weaver

Abstract

Kersting's groundnut is one of the neglected and underutilized legumes with enormous potential in Benin. Locally known as "doyiwé", the crop is mainly produced in southern and central Benin, where its grain is highly appreciated, especially during end of year festive season. The aim of this study was to conduct an agro-morphological evaluation of the accessions of *Macrotyloma geocarpum* (Harms) Maréchal & Baudet], for the variability, the structure of agro-morphological diversity within the accessions and the conservation of those with desired characteristics for breeding programs. The study was carried out on 81 accessions including 70 of which were collected in different agro-ecological zones in Benin and 11 introduced from Burkina Faso. The trial was conducted in Djidja (Djègbatin) as an experimental farm of the cotton and fiber agricultural research center of Cana. The experimental design was an alpha lattice design with three replications. Twenty-four (34) agro-morphological descriptors including twenty two (22) quantitative and twelve (12) qualitative were used. The results of the Shannon-Weaver diversity index (H'), descriptive statistics, multivariate analysis (PCA, CFA and HCA) revealed considerable variability. Hence, characters such as plant habit ($H' = 0.68$), pigmentation of the stem ($H' = 0.41$), flower color ($H' = 0.50$), plant shape eye ($H' = 0.47$) had a great diversity both among Benin's accessions and accessions from Burkina Faso. The ascending hierarchical classification revealed for quantitative traits, three clusters characterized respectively by late accessions with low yield, the second cluster is categorized by vegetative grown with medium yield performance and finally accessions with a high yield performance. On the other hand, for qualitative traits, 4 clusters were found. Seed length was highly significant ($P < 0.001$) with an average of 8.21 ± 0.03 .

Key-words: *Macrotyloma geocarpum*, morphological diversity, agromorphological caractérisation, Shannon-Weaver

Table des matières

DEDICACE	ii
REMERCIEMENTS.....	iii
Abstract.....	v
Liste des figures :	viii
Liste des tableaux :	viii
LISTES DES ACRONYMES ET SIGLES	ix
CHAPITRE I : INTRODUCTION	1
1.1.Synthèse	1
1.2.Problématique.....	2
1.3. Justification	2
1.4. Objectifs	3
1.4.1 Objectif général	3
1.4.2 Objectifs spécifiques.....	3
1.5. Questions de recherche.....	4
Chapitre II : Revue de littérature	5
2.1. Présentation et origine de la lentille de terre.	5
2.1.1 Botanique et description générale de la lentille de terre	5
2.1.2. Origine et aire de distribution de la lentille de terre	6
2.2.1. Taxonomie.....	6
2.2.2. Ecologie de la lentille de terre.....	7
2.3.Multiplication, croissance et développement, récolte, production	7
2.3.1.Multiplication.....	7
2.3.2.Croissance et développement.....	7
2.3.3.Récolte.....	8
2.3.4.Production et commerce international.....	8
2.4.Contraintes à la production de la lentille de terre, traitement post-récolte, usage, ressources génétiques et sélection.....	8
2.4.1.Contraintes liées à la production	8
2.4.2. Traitement post-récolte	9

2.4.2.Ressources génétiques et sélection	10
2.5.Synthèse de quelques travaux sur l'évaluation de la diversité agro-morphologique et génétique de la lentille de terre	10
Chapitre III : Méthodologie	14
3.1. Milieu d'étude	14
Chapitre III : Méthodologie	15
3.1. Milieu d'étude	15
3.2.Matériels	15
3.3. Méthodes	16
3.3.1 Dispositif expérimental	16
3.4. Collecte de données.....	16
3.5 Traitement et analyse des données	23
Chapitre IV- Résultats et discussion	24
4.1.1 Variabilité phénotypique des caractères qualitatifs au sein de la collection.	24
4.1.2 Variabilité quantitative inter-accessions.	29
4.1.3 Corrélation entre les variables quantitatives.	30
4.1.4 Classification Hiérarchique Ascendante sur la base des traits quantitatifs.	33
4.1.5 Classification Hiérarchique Ascendante sur la base des traits qualitatifs.	36
4.2.6 Discussion	43
Chapitre V : Conclusion.....	44
Références bibliographiques :	45

Liste des figures :

Figure 1 : Localisation de la Commune de Djidja.....	15
Figure 2:a) Mesure de la longueur de la foliole et b) mesure de largeur de la foliole terminale	18
Figure 3: Photo montrant la maturité physiologique de la lentille de terre.	18
Figure 4 : a) Mesure de la longueur et b) mesure de largeur d'une gousse à deux graines et à une graine.....	19
Figure 5: a) Mesure de la longueur et b) de l'épaisseur des graines.....	20
Figure 6: a) Prise du poids de 100 graines et de b) la productivité par unité parcellaire	20
Figure 7: a) Fleurs à couleur blanc-verdâtre et b) Fleurs à couleur blanc-teintée de pourpre ..	25
Figure 8: a) Gousses de couleur blanche et b) Gousses blanche teintée de pourpre	26
Figure 9: a) Couleur crème, b) noire et c) rouge brun-claire des graines.....	27
Figure 10: a) Yeux en forme de papillon de graines	27
Figure 11 : Projection des caractères quantitatifs sur le système d'axes (1 et 2).....	34
Figure 12: Contribution des caractères quantitatifs à la variabilité sur l'axe 1 et 2.....	34
Figure 13: Projection des caractères quantitatifs sur le système d'axe (1 et 3).	35
Figure 14: Contribution des caractères quantitatifs à la variabilité sur l'axe 1 et 3.....	35
Figure 15: Projection des caractères qualitatifs sur les systèmes d'axes (1 et 2)	37
Figure 16: Projection des variables qualitatifs sur des systèmes d'axes (3 et 4).....	37
Figure 17: Dendrogramme des caractères quantitatifs obtenu par la méthode de l'UPGMA. .	40
Figure 18: Dendrogramme des caractères qualitatifs obtenu par la méthode de l'UPGMA. ...	42

Liste des tableaux :

Tableau 1: Valeur nutritive de la lentille de terre	10
Tableau 2: Caractère qualitatifs et codification	22
Tableau 3 : Variabilités phénotypiques observées au sein des accessions sur la base de calcul de l'indice de Shannon-Weaver.....	28
Tableau 4: Statistique descriptive des caractères quantitatifs.....	30
Tableau 5 : Matrice de corrélation entre les caractères quantitatifs.....	32
Tableau 6 : Matrice de corrélation des valeurs propres	33
Tableau 7 : Matrice de corrélation des valeurs propres.	36
Tableau 8: Statistique descriptive sur les groupes des caractères quantitatifs.....	Error!

Bookmark not defined.

Annexe :

Annexe 1 : schéma du dispositif expérimental.	48
Annexe 2 : Caractéristique de chaque accession pour les variables quantitatives.	52

LISTES DES ACRONYMES ET SIGLES

ACP : Analyse en Composantes Principales ;

AFC : Analyse Factorielle de Correspondance ;

AFD : Analyse Factorielle de Discriminant ;

ANOVA : Analyse de la Variance ;

CHA : Classification Hiérarchique Ascendante ;

CRA-CF : Centre de Recherche Agricole Coton et Fibres ;

EGPVS : Ecole de Gestion et de production Végétale et Semencière ;

FSA : Faculté des Sciences Agronomiques ;

IITA : Institut International de l'Agriculture Tropicale ;

LEA: Laboratoire d'Ecologie Appliquée ;

MAEP : Ministère de l'Agriculture de l'Elevage et de la Pêche ;

NWO : Organisation Allemande pour la recherche scientifique ;

PIB : Produit Intérieur Brut ;

UNA : Université Nationale d'Agriculture ;

UPGMA : Unweighed Pair-Group Method with arithmmetic Average.

CHAPITRE I : INTRODUCTION

1.1. Synthèse

L'agriculture est essentielle pour atteindre les objectifs de la sécurité alimentaire et de la réduction de la pauvreté. Au Bénin, le secteur agricole contribue pour 32,7% en moyenne au PIB, 75% aux recettes d'exportation, 15% aux recettes de l'état et fournit environ 70% des emplois (MAEP, 2014). Ce secteur pourvu d'énormes potentialités doit être toutefois redynamisé afin d'amorcer la croissance économique nationale (MAEP, 2014). Ceci passe par le développement des différentes filières agricoles y compris celles des cultures négligées et ou sous exploitées.

La lentille de terre [*Macrotyloma geocarpum* (Harms) Maréchal & Baudet)] est une légumineuse cultivée dans les régions tropicales d'Afrique y compris le Bénin, le Burkina Faso, la Côte d'Ivoire, le Ghana, le Nigéria, le Togo, etc. Elle est la troisième légumineuse à gousses souterraines, après l'arachide et le voandzou (Adu-Gyamfi et al., 2011). La lentille de terre préfère les sols sablo-limoneux avec un pH=5 et supporte de faibles pluviométries allant de 500 à 600 mm (Achigan Dako & Vodouhè, 2006). Au Bénin, elle s'adapte bien aux sols des départements des Collines, du Plateau et du Zou.

La lentille de terre est un aliment à haute valeur nutritionnelle. Ses graines contiennent 21,3 g/100g de protéines brute, 6,2 g/100g de fibres (Aremu et al., 2011). La protéine brute de la graine de lentille de terre révèle un bon profil en acides aminés avec des teneurs élevées en arginine, phenylalanine et histidine avec des taux respectifs de l'ordre de 9,3/100 g, 3,2/100 g et 2,1/100g (Ayenan and Ezin, 2016). Elle est considérée comme une source alternative aux protéines d'origine animales (Abiola & Oyetayo, 2015; Adu-Gyamfi et al., 2012). La lentille de terre possède aussi des valeurs thérapeutiques et culturelles. Les graines noires sont utilisées pour le traitement de la diarrhée, les troubles de l'estomac et de l'ulcère (Assogba et al., 2015). Elle constitue une denrée très prisée au Bénin et une source de revenu pour les producteurs et les commerçants qui sont pour la plupart des femmes (Dansi et al., 2012). Malgré son potentiel, la lentille de terre est souvent reléguée au rang des espèces négligées et sous-exploitées (Adu-Gyamfi et al., 2012; Dansi et al., 2012). La production décline dans plusieurs pays d'Afrique de l'Ouest (Ayenan & Ezin, 2016). De plus, la production de la lentille de terre se heurte à beaucoup de contraintes. Au nombre de ces contraintes les faibles rendements en grains, la médiocre aptitude aux stockages, l'absence de semences améliorées, le besoin élevé en main-d'œuvre pour sa production et la petite taille

des graines qui rend son décorticage fastidieux (Amujoyegbe et al., 2007; Kouelo Alladassi et al., 2012; Tamini, 1995). Il est donc souhaité que des variétés à haute performance soient identifiées et sélectionnées pour faire face à ces différentes contraintes afin d'accroître la production de la lentille de terre au Bénin.

1.2. Problématique

Au Bénin tout comme dans les autres pays où la lentille de terre est produite, la production décline, l'espèce est considérée comme négligée et sous utilisée (Dansi et al., 2012). Ayenan and Ezin (2016), soulignent une tendance décroissante voir une disparition de la lentille de terre dans les régions de production de la culture au Bénin, Burkina Faso, Ghana, Nigéria et Togo. Les faibles rendements, la petite taille des graines, le dur labeur nécessaire pour sa récolte et sa susceptibilité aux ravageurs des greniers sont les causes principales de son déclin (Kouelo Alladassi et al., 2012).

Le développement de la filière lentille de terre dépend de la sélection de variétés performantes, adaptées aux besoins de différents groupes (producteurs, transformateurs, consommateurs, etc). Ceci suppose une bonne connaissance de la diversité de l'espèce. Toutefois, la lentille de terre a fait très peu l'objet de priorité de la part des gouvernements et des acteurs de la recherche (Adazebra, 2013). Dansi et al. (2012) affirment que les espèces négligées y compris la lentille de terre, ont connu très peu d'étude de caractérisation et sont négligées par la recherche. De plus; la plupart des études effectuées ont porté sur de mini-collections et aucune d'entre elles n'a réellement pu couvrir la zone de distribution de l'espèce et de ce fait ont révélé très peu de diversité au sein des collections. Ceci pourrait entraver l'estimation effective de la diversité existante et donc l'identification de caractères désirés à intégrer aux variétés améliorées. Au nombre des 57 variétés traditionnelles de la lentille de terre collectées lors des prospections organisées par l'IITA (Institut International de for l'Agriculture Tropicale) en Afrique de l'Ouest (Ghana, Togo, Bénin, Burkina-Faso et le Nigéria), seulement 7 variétés parmi les 57 collectées sont encore conservées par l'unité des ressources phytogénétiques d'Ibadan (Mergeai, 1993) . Il est donc impérieux d'approfondir l'étude de la diversité au sein d'une plus large collection.

1.3. Justification

Culture traditionnelle de l'Afrique de l'Ouest, la lentille de terre a été largement remplacée par des espèces plus productives et plus rentables comme l'arachide et le niébé (Achigan Dako & Vodouhè, 2006; Assogba et al., 2015; Kouelo Alladassi et al., 2012). Elle fait partie des espèces négligées et sous-utilisées qui contribuent à la sécurité alimentaire et au revenu de nombreux ménages en Afrique (Dansi et al., 2012). La caractérisation de la diversité de cette espèce

permettrait d'identifier des groupes morphologiques avec des caractères d'intérêt et utiles à l'amélioration variétale. Par exemple, les travaux de Badii et al. (2011) ont montré qu'il existe des accessions sauvages de lentille de terre qui peuvent être tolérantes voire résistantes aux attaques de la bruche du niébé *Callosobruchus maculatus*. Le facteur ou le gène responsable qui confère aux cultivars sauvages cette tolérance/résistance pourrait être utilisé dans l'amélioration d'autres variétés cultivées vulnérables. Aussi, l'étude de la diversité agro-morphologique aiderait-elle à constituer des collections de base pour la conservation (*ex situ*) de l'espèce.

Face aux contraintes que rencontrent les producteurs de la lentille de terre et dans le but de contribuer à la relance de la filière au Bénin, le projet "Doyiwé" a été initié. Ce projet de trois ans financé par l'organisation néerlandaise pour la recherche scientifique (NWO) et piloté par un consortium de partenaires dont le LEA (Laboratoire d'Ecologie Appliquée) a initié ce travail de recherche afin d'approfondir les connaissances actuelles sur la diversité de la lentille de Terre en Afrique. C'est dans ce cadre que s'inscrit notre travail intitulé "**Evaluation agro-morphologique d'accessions de lentille de terre [*Macrotyloma geocarpum* (Harms) Maréchal & Baudet]**". Elle permettra d'élucider les variabilités au sein des accessions en vue de dégager les élites exploitables dans les programmes de sélection variétale, et de constituer une collection de base aux fins d'usages divers.

1.4. Objectifs

1.4.1 Objectif général

L'objectif général de la présente étude est d'évaluer la diversité agro-morphologique de la lentille de terre [*Macrotyloma geocarpum* (Harms) Maréchal & Baudet] pour une exploitation efficiente et durable de la ressource phytogénétique.

1.4.2 Objectifs spécifiques

De façon spécifique, cette étude vise à :

- i-** étudier la variabilité et la structuration de la diversité agro-morphologique au sein des accessions de la lentille de terre ;
- ii-** analyser la relation entre le rendement et les autres variables quantitatives au sein de la collection ;
- iii-** identifier les accessions porteuses des caractères agro-morphologiques intéressants pour des programmes d'améliorations variétales.

1.5. Questions de recherche

- i-** comment se présente la variabilité et la structure de la diversité agro-morphologique au sein des accessions de la lentille de terre ?
- ii-** les autres caractères quantitatifs ont-ils une influence sur le rendement ?
- iii-** y a-t-il au sein de la collection de la lentille de terre des accessions avec de potentiels à caractères d'intérêt pour les programmes d'amélioration variétale?

Chapitre II : Revue de littérature

2.1. Présentation et origine de la lentille de terre

2.1.1 Botanique et description générale de la lentille de terre

La lentille de terre (*Macrotyloma geocarpum*), est une plante herbacée annuelle à tiges prostrées qui s'enracinent avec des pubescences ou presque glabres, atteignant 10 cm de long aux feuilles alternées trifoliolées, aux stipules triangulaires-ovales, de 2 à 7 mm de long, pubescentes avec des pétioles érigés, atteignant 25 cm de long et des rachis d'environ 7 mm de long (Achigan Dako & Vodouhè, 2006). Ces stipules sont linéaires-lancéolées, de 2 à 5 mm de long et aux pétiolules hirsutes, dont les latéraux de 1 à 2 mm de long, le terminal plus long, de 4 à 10 mm. Les folioles sont largement ovales ou obovales, de 3 à 8 cm × 2 à 5,5 cm, glabres, à 3 nervures partant de la base. Les fleurs sont en paires ou solitaires à l'aisselle des feuilles, bisexuées, papilionacées, presque sessiles ; bractéoles lancéolées, de 1,3 à 4,5 mm de long au calice poilu dont le tube est compris entre 2 à 2,5 mm de long et aux lobes linéaires-lancéolés, de 2 à 5 mm de long. La corolle blanche ou blanc verdâtre est parfois teintée de violet, avec un étendard de 6 à 10 mm × 4,5 à 6 mm, aux ailes de 6 à 7 mm × 1,5 mm et au carène de 5,5 à 6 mm × 1 mm. Cette plante porte 10 étamines, dont 9 soudées et 1 libre. L'ovaire est superposé sur un stipe court s'allongeant au cours du développement du fruit, avec un loculaire, de style mince, courbe et de stigmate minuscule. Le fruit est une gousse indéhiscente de 0,5 à 2,5 cm × 0,5 à 1 cm, sur un carpophore atteignant 2 cm de long, avec 1 à 3 graines, comprimées entre les graines, mûrissant à la surface du sol ou en dessous. Les graines de forme oblongues ou oblongue-ovoïdes de 5 à 10 mm de long et de 4 à 7 mm × 3 à 5 mm de large et de couleur blanchâtre, rouge, brune ou noire, parfois striées, tachetées ou mouchetées. Les plantules à germination sont épigées, dont les cotylédons tombent au bout de 2 à 3 jours après la levée, et de 2 à 3 feuilles primaires simples et lancéolées qui persistent jusqu'à la maturité.

Au Bénin, la distinction des génotypes se fait sur la base de la couleur des graines. Les types à graines blanches, les plus connus, ont un usage alimentaire, tandis que les types à graines noires sont surtout utilisés comme remèdes ou au cours des cérémonies (Achigan Dako & Vodouhè, 2006). Hepper (1963), en se basant sur une observation morphologique souligne que la variété cultivée est plus robuste que la plante sauvage et ses entre-nœuds seraient plus courts que ceux de la variété sauvage. Les pétioles de la forme sauvage seraient d'une longueur inférieure à 1 cm alors que ceux de la forme domestiquée peuvent atteindre 16 cm de long. Selon Hepper (1963) et Miège (1954) la garniture chromosomique des deux variétés de la lentille de terre serait

variable respectivement de $2n = 20$ chromosomes pour la forme sauvage et $2n = 22$ chromosomes pour la forme cultivée.

2.1.2. Origine et aire de distribution de la lentille de terre

Le centre de diversité de la lentille de terre est l'Afrique de l'ouest (Portère, 1950). Cependant, l'origine de la culture demeure inconnue. Selon Okigbo (1992) la lentille de terre serait originaire du Nigéria mais pour d'autres auteurs elle pourrait provenir du nord Togo ou du centre Bénin. On trouve au Cameroun et en Centrafrique des types de lentille de terre que l'on suppose sauvages, mais on peut considérer qu'ils représentent une espèce distincte, quoiqu'apparentée (Achigan Dako & Vodouhè, 2006). La lentille de terre est cultivée dans la zone de savanes de l'Afrique occidentale, du Sénégal au Nigéria et au Cameroun. On la cultive également à l'île Maurice et à Fidji, et elle était cultivée jadis en Tanzanie (Achigan Dako & Vodouhè, 2006). Elle est largement cultivée avec un potentiel nutritionnel très élevé (Hepper, 1963).

2.2. Taxonomie, écologie

2.2.1. Taxonomie

La lentille de terre est la troisième légumineuse souterraine après l'arachide et le vouandzou (Maréchal & Baudet, 1977). Etymologiquement, l'appellation *Macrotyloma* provient du grec makros=grand, gros, tylos=bouton et loma=marge, en référence aux points de sutures observés sur les gousses (Blumenthal & Staples, 1993). La lentille de terre appartient au Règne des Végétaux, la Classe des *Magnoliopsida*, l'Ordre des *Fabales*, la Famille des *Fabacées*; la Tribu des *Phaseoleae*, le Genre *Macrotyloma* et l'Espèce de *M. geocarpum*. En français, *Macrotyloma geocarpum* est appelé lentille de terre. En anglais Kersting's groundnut. Elle a été une culture envers laquelle beaucoup de personnes ont un attrait comme les Européens qui n'avaient que pour objectif de se lancer dans une grande aventure agricole en Afrique (Tamini, 1995). Elle fût baptisée *Voandzeia poissoni* (i) par Chevalier (1910) alors que la nomenclature *Kerstingiella geocarpa* donnée à la lentille de terre a été déjà faite 18 mois plus tôt par Harms. Tisserant (1953) puis Hepper (1963) ont distingué deux formes de *Kerstingiella geocarpa*, l'une cultivée (var. *geocarpa*) et l'autre spontanée (var. *tisserantii*). Maréchal & Baudet (1977) au cours de leur travail sur la toute dernière nomenclature de la lentille de terre ont changé le genre *Kerstingiella* de Harms au genre *Macrotyloma* pour la raison de la "convergence de données organographiques, blastogéniques, chorologiques et palynologiques. Donc ces deux auteurs en se référant à Tisserant et Hepper distinguent donc *Macrotyloma geocarpum* (Harms) var. *geocarpa* pour la forme cultivée et *Macrotyloma geocarpum* var. *tisserantii* pour la forme spontanée.

Au Bénin, elle est connue au sud (Kétou, Covè, Djidja, Agbangnizou, etc..) et au centre (Dassa-Zoumè, Savè, Glazoué etc...) sous des appellations qui varient selon chaque groupe ethnique. Elle est connue sous le vocable de ‘‘doyi’’ chez les Fons et Mahi, ‘‘Atchaka’’ chez les Nagots et Idatcha. La variété blanche a été nommée ‘‘doyiwé’’, celle de couleur noire ‘‘doyi wiwi’’ et enfin la variété rouge est nommée ‘‘doyi vovo’’ (Assogba et al., 2015). Selon Akohoué et al.(2018), 4 différents noms sont utilisés pour désigner la lentille de terre et ceci à travers trois différentes zones écologiques. Ainsi en s’y référant comme du niébé aux gousses souterraines, les locuteurs Fon et Mahi de la zone guinéenne et soudano-guinéenne l’appellent sous le vocable de (Doyikoun), les Tchabè et Idaasha de la zone soudano-guinéenne estiment qu’elle est une légumineuse à valeur nutritive et à potentiel économique très élevé raison pour laquelle il la désigne sous le nom de (Atchaka). Enfin, dans la zone soudanienne, les Otammaris, Wama, Tem et les Kabye du Bénin et du Togo désignent la lentille de terre sous le nom de ‘‘Issanganané’’ car elle se caractérise par une longue cuisson et regorge assez de potentialités médicinales.

2.2.2. Ecologie de la lentille de terre

La lentille de terre est présente jusqu’à l’altitude de 1600 m. Sa culture exige un rayonnement solaire abondant avec une température moyennes de 18 à 34°C. Elle réussit bien dans les régions semi-arides où les précipitations annuelles sont de 500 à 600 mm réparties sur 4 à 5 mois, mais on la trouve également à la limite des régions tropicales humides. La lentille de terre tolère les sols sableux pauvres, mais sa production s’adhère le mieux aux sols limono-sableux avec de meilleurs rendements. On la trouve souvent sur des sols légèrement acides (pH= 5).

2.3. Multiplication, croissance et développement, récolte, production

2.3.1. Multiplication

La lentille de terre se multiplie par graines. Les semences sont prélevées sur la récolte précédente, mais il arrive que les paysans en achètent au marché et ou chez d’autres producteurs. En Afrique de l’Ouest, la lentille de terre se sème généralement vers la fin du mois de juin jusqu’à août. Sa culture se pratique surtout sur de petites parcelles, soit en monoculture, soit en association avec l’igname, le niébé, le manioc ou d’autres plantes, sur buttes, plates-bandes ou billons. S’il s’agit d’une monoculture, c’est souvent la première culture de la rotation, plantée en lignes espacées de 30 à 40 cm et à 15 cm sur la ligne.

2.3.2. Croissance et développement

La germination de la lentille de terre a généralement lieu 3 à 5 jours après le semis. Les plantules lèvent avec des feuilles primaires simples et opposées ; les premières feuilles trifoliolées

apparaissent au bout de 5 à 10 jours. La floraison débute 30 à 65 jours après le semis et peut continuer jusqu'à la mort de la plante. La lentille de terre se reproduit par autofécondation et 2 jours après la fécondation, un carpophore se forme à la base de l'ovaire et porte ce dernier jusqu'au sol. Ce mécanisme est semblable à ce qui se passe chez l'arachide, mais différent du voandzou où c'est le pédoncule qui pousse jusqu'à atteindre le sol. Les gousses mûrissent à la surface du sol ou 1 à 2 cm en dessous. Elles atteignent leur maturité entre 40–60 jours après l'ouverture des fleurs. Selon Achigan et al. (2006), la durée du cycle cultural est de 90 à 180 jours.

2.3.3. Récolte

La lentille de terre se récolte à maturité physiologique qui se remarque par des traits tels que le jaunissement et flétrissement des feuilles. La plante étant récoltée au cours de la saison sèche, les paysans arrachent généralement les plantes entières à la houe et les laissent sécher au champ pendant quelques jours, après quoi les gousses sont cueillies à la main, ce qui permet de les séparer aisément. Sa récolte est souvent suivie d'une perte de fruits dans le champ et qui germent au retour des pluies permettant ainsi à la lentille de terre de persister à l'état semi-sauvage.

2.3.4. Production et commerce international

Le rendement de la lentille de terre est en moyenne de 500 kg/ha (Achigan Dako & Vodouhè, 2006). En raison de la faiblesse de ses rendements et de sa médiocre aptitude au stockage, la lentille de terre est surtout cultivée pour la consommation locale. Il existe néanmoins quelques échanges entre pays voisins, comme le Togo, le Bénin et le Nigeria, mais les statistiques sont inexistantes.

2.4. Contraintes à la production de la lentille de terre, traitement post-récolte, usage, ressources génétiques et sélection

2.4.1. Contraintes liées à la production

La production de la lentille de terre nécessite une énorme intensité de labeur, résultant sur de très faibles rendements (Amujoyegbe et al., 2007). La mauvaise aptitude au stockage, l'importante quantité de travail du sol nécessaire pour sa culture, la pénibilité de la récolte et des opérations post-récolte constituent sans doute les contraintes majeures liées à sa production. Assogba et al. (2015) souligne que la baisse de la production de la lentille de terre s'explique par trois principaux facteurs que sont : le coût élevé de la production, la susceptibilité des variétés lorsque le taux d'humidité atmosphérique et du sol est élevé et la complexité de la pratique culturale. Les même auteurs ont rapporté que dans les régions semi-arides, la lentille

de terre n'est pas sujette à de graves attaques de la part des maladies ou des ravageurs, contrairement aux régions humides où des maladies fongiques (rouille, moisissures) peuvent survenir. Les graines stockées sont aussi très sensibles aux infestations de charançons (*Piezotrachelus* spp.) et de bruches (*Callosobruchus maculatus*).

2.4.2. Traitement post-récolte

Après récolte, les gousses de la lentille de terre sont séchées au soleil, pour ne laisser qu'un taux d'humidité d'environ 12%, puis elles sont entreposées dans des greniers ou n'importe où dans la maison. Elles peuvent être écosées au mortier ou en les frappant au bâton. La plus grande partie de la production est généralement vendue. Les graines sont surtout conservées dans des récipients fermés. Pour assurer une conservation plus longue, on les mélange à du sable, du poivre, de la cendre ou de l'insecticide.

Usages

La lentille de terre est cultivée surtout pour sa graine comestible. Les graines regorgent beaucoup de potentiel nutritif (Tableau 1). Les graines sèches se cuisent à l'eau avec du sel et elles sont consommées avec de l'huile de palme ou d'arachide, et accompagnées de farine de manioc fermentée (le gari), d'igname ou de riz, certains l'accompagnent du pain. Elles peuvent aussi être cuites dans des soupes, que l'on sert aux invités comme une marque d'honneur. Les graines sèches sont aussi transformées en une farine qui sert à confectionner des galettes ou d'autres mets. Au centre du Bénin par exemple, on consomme une pâte frite confectionnée à partir de la graine seule ("ata") ou accompagnée de la pâte de maïs fermentée ("akassa"). Parfois les graines torréfiées des types à graines noires, ou les gousses fraîches non écosées, sont cuites à l'eau avec du sel et consommées en amuse-gueule. Les feuilles de la lentille de terre se consomment parfois comme légume ou en soupe.

Les graines de lentille de terre jouent un rôle important dans les coutumes traditionnelles d'Afrique de l'Ouest, particulièrement au Togo, où on les utilise au cours des cérémonies d'enterrement chez les Kabyés et les Maubas (Achigan Dako & Vodouhè, 2006) . Dans de nombreuses régions, la consommation est limitée aux membres masculins de la famille, en particulier le chef de famille, et les graines constituent un mets favori des prêtres vaudous. Dans la tradition des Sisalas du nord du Ghana, les graines cuites à l'eau sont l'unique nourriture que l'on sert aux enfants survivants pendant les funérailles de leur mère. Au nord du Ghana et au centre du Bénin, l'eau de cuisson des graines se prend contre la diarrhée. Les graines sèches réduites en poudre et mélangées à de l'eau ou à de la bière locale (la "pita") s'emploient comme émétique en cas d'empoisonnement. Les décoctions de feuilles ont une action vermifuge. Les

Ibos du Nigeria utilisent la plante dans le traitement de la dysenterie, des maladies vénériennes, de la fièvre et du diabète. Dans les zones arides, les parties végétatives servent de fourrage après la récolte. La composition en éléments nutritifs par 100 g de graines sèches est présentée dans le tableau 1.

Tableau 1: Valeur nutritive de la lentille de terre

Composition	Quantités
Lipides	1,1g g/100g
Glucides	66,6g g/100g
Protéines	19,4g g/100g
Fibres	5,5g g/100g
Fer	15mg g/100g
Calcium	103mg g/100g
Phosphore	392mg g/100g
Potassium	332mg g/100g
Thiamine	0,76mg g/100g
Riboflavine	0,19mg g/100g
Niacine	2,3 mg g/100g

Source : (PROTA, 2006)

2.4.2. Ressources génétiques et sélection

Comme la plupart des espèces négligées *Macrotyloma geocarpum* a bénéficié de très peu d'effort de recherche surtout en matière de sélection variétale (Ayenan & Ezin, 2016). Aussi les ressources génétiques de *Macrotyloma geocarpum* sont-elles très faibles dans les banques de gène à l'échelle internationale de même que dans les banques nationales du Bénin et du Togo qui sont reconnues comme étant l'origine de la culture (Ako Houé et al., 2018).

2.5. Synthèse de quelques travaux sur l'évaluation de la diversité agro-morphologique et génétique de la lentille de terre

L'évaluation de la diversité agro-morphologique de la lentille de terre a été faite par Assogba et al. (2015) au Bénin sur une collection de 32 accessions du sud et du centre Bénin avec un dispositif en bloc complètement aléatoire. L'analyse de vingt caractères (15 quantitatifs et 5 qualitatifs) montre 3 groupes (clusters) qui diffèrent principalement par la longueur des feuilles, le rendement et la date à 50% de floraison. L'évaluation agronomique a montré également une différence significative pour le rendement en grain des trois couleurs d'accessions locales (le

rouge, la blanche et le noire). Adu-Gyamfi et al. (2012) ont observé au cours de leur étude sur l'évaluation du potentiel de rendement et la croissance des 16 géotypes de *Macrotyloma geocarpum* (harms) au nord du Ghana, une différence significative entre les accessions pour le poids de 100 graines et le rendement des géotypes et ceci en fonction des couleurs des géotypes. Bayorbor et al. (2010) au cours de leur étude sur l'évaluation agro-morphologique de 12 accessions de la lentille de terre au nord du Ghana suivant un dispositif en bloc complètement aléatoire avec trois répétitions, ont montré sur la base des 12 descripteurs étudiés, six principaux composants (PC) considérablement instructifs dans une analyse du facteur avec la première PC1 qui contient 90,76% de la variation totale dans la collection. En outre Pasquet et al. (2002) ont montré à partir de 19 systèmes enzymatiques codant pour 32 loci putatifs de 18 accessions domestiquées et deux accessions sauvages, qu'il existe une grande distance génétique entre les accessions sauvages (2 accessions sauvages) et celles domestiquées (18 accessions domestiquées). D'après ces auteurs, l'existence de cette grande distance peut stipuler la présence de deux groupes d'accessions différentes.

D'après l'analyse de ces différents travaux, il ressort qu'aucune étude d'évaluation agro morphologiques n'a évalué plus de 50 accession, ni porté sur une collection d'envergure régionale. Mieux le nombre de caractère étudié n'a jamais été au-delà de 20. Or, mener de telle étude sur une collection d'accessions de lentille de terre à l'échelle nationale et internationale avec un nombre important s'avère nécessaire. Au niveau moléculaire, la seule étude menée sur l'espèce n'a pris en compte qu'un petit nombre d'accessions domestiquées et sauvages venant respectivement du Burkina-Faso, de Lomé et du Cameroun. Une telle étude pourrait révéler plus de variabilité si peut être un nombre important d'accessions de plusieurs provenances étaient utilisés avec d'autres marqueurs moléculaires.

Ainsi; le présent travail s'intéresse à l'étude des variabilités entre les accessions au sein d'une collection régionale de 81 accessions.

Mesures de la diversité agro-morphologique

Pour l'étude de la diversité agro-morphologique de la lentille de terre et de même que des espèces voisines (l'arachide et le voandzou), plusieurs méthodes de mesure de la diversité ont été adoptées.

Adu-Gyamfi et al. (2012) avaient observé au cours de leur étude sur l'évaluation du potentiel de rendement et la croissance des géotypes de *Macrotyloma geocarpum*, des différences significatives pour la couleur des accessions au sein et entre les géotypes. De plus, ils avaient montré que tous les paramètres de croissances exceptés de l'indice foliole n'étaient pas

significatifs entre génotypes sur la base du calcul de l'indice de foliole et de l'analyse des variances.

La statistique descriptive, la corrélation et l'analyse multivariée (ACP, AFC, CHA...) étaient les différentes méthodes de mesure de la diversité agro-morphologique sur la lentille de terre utilisées par (Assogba et al., 2015). Ces différentes méthodes d'analyse ont catégorisé les accessions en trois groupes d'individu caractérisés respectivement par la largeur des feuilles, le rendement et le nombre de jours à 50% de floraison. De même, une différence significative était obtenue pour le rendement entre diverses couleurs d'accessions. Bayorbor et al. (2010) avait observé au cours de leur étude sur la variation morphologique d'accessions de la lentille de terre et par le biais de l'analyse multivariée (ACP, CAH) une différence significative pour la date de floraison suivie d'une catégorisation des accessions qui expliquait 12% de variabilité avec deux groupes majeurs. L'analyse de la variance, la corrélation et l'analyse en composantes principales étaient les méthodes d'évaluation de la diversité agro-morphologique des morphotypes du vouandzou conduit par (Touré et al., 2013). Les résultats issus de ces analyses avaient révélé une forte corrélation entre les paramètres de développement végétatifs et le rendement et aussi une catégorisation des accessions en trois groupes distincts.

Ndiang et al. (2012) ont évalué le niveau de diversité du vouandzou sur la base des analyses multivariées (AFC, AFD, ACP). Ces analyses ont révélé d'importantes variabilités pour des traits qualitatifs spécifiques à des accessions données suivie d'une catégorisation des accessions en quatre groupes sur la base des caractères quantitatifs.

La table de fréquence sur les caractères qualitatifs suivie de l'analyse de la variance et de l'analyse multivariée (ACP, CHA, AFD) étaient les différentes méthodes d'évaluation de la diversité agro-morphologique de l'arachide effectuées par (Idi garba et al., 2015). Les résultats de ces analyses ont révélé une différence significative exceptée de quelques caractères suivie d'une catégorisation des accessions en 4 groupes avec une structuration de la diversité qui n'était pas basée sur l'origine des accessions. Alleidi et al. (2016) ont effectué le calcul d'indice de la foliole, l'analyse de la variance accompagnée du test de Duncan, de ppds, suivi de la corrélation et de l'analyse factorielle de discriminant au cours de leur étude sur la caractérisation agro-morphologique des accessions de l'arachide. Les résultats de ces analyses avaient montré une discrimination entre les caractères.

Après l'analyse des différentes méthodes de mesure de la diversité agro-morphologique déjà utilisées aussi bien sur la lentille de terre que sur des espèces voisines, il ressort que les analyses multivariées, l'analyse de la variance et la statistique descriptive expliquent et structurent

mieux la variabilité que de se contenter uniquement de l'indice de foliole et l'analyse de la variance qui n'a présenté aucune variabilité conséquente.

Les analyses multivariées, l'analyse de la variance, la statistique descriptive et l'indice de diversité phénotypique de Shannon-Weaver utilisée dans le présent travail permettront donc de structurer davantage la variabilité au sein des accessions de lentille de terre.

Chapitre III : Méthodologie

3.1. Milieu d'étude

L'essai pour cette étude a été installé sur le site d'expérimentation de l'antenne du Centre de Recherche Agricole Coton et Fibre du Sud (CRA-CF) situé dans la Commune de Djidja et précisément dans le village de Djègbatin (N: 7°19'04.362'' et E: 1°54'58.914''). Djidja est la plus vaste des 9 Communes du département du Zou et s'étend sur 41,66% (2 184 km²) de la superficie totale du département. Elle est limitée au Nord par le Département des Collines, les Communes de Dassa et Savalou, au Sud par les Communes d'Abomey, d'Agbangnizoun, de Bohicon et de Za-Kpota, à l'Ouest par le Département du Couffo (Commune d'Aplahoué) et la République du Togo et à l'Est par la Commune de Covè (Figure 1).

Djidja est caractérisée par un climat de type sub-équatorial tendant vers le soudano-guinéen dans les parties septentrionales. On remarque que dans ces parties les deux saisons pluvieuses sont confondues. Sur le plan pédologique, près de 70 % de la Commune est recouverte de sols ferrugineux. On y retrouve des sols hydromorphes et sols ferralitiques. La Commune de Djidja se retrouve sur trois bassins versants. Près du deux-tiers de la Commune (1458 km²) est drainé vers la rivière Zou et environ le tiers vers la rivière Couffo (687 km²). Une petite partie de la Commune (38 km², soit 2 %) s'écoule vers la dépression Ouest de la Lama. La Commune est drainée par 145 km de cours d'eau dont deux (2) fleuves, à savoir le Zou et le Couffo. Les autres cours d'eau sont des rivières saisonnières qui se jettent dans l'un ou l'autre fleuve (Afrique Conseil, 2006).

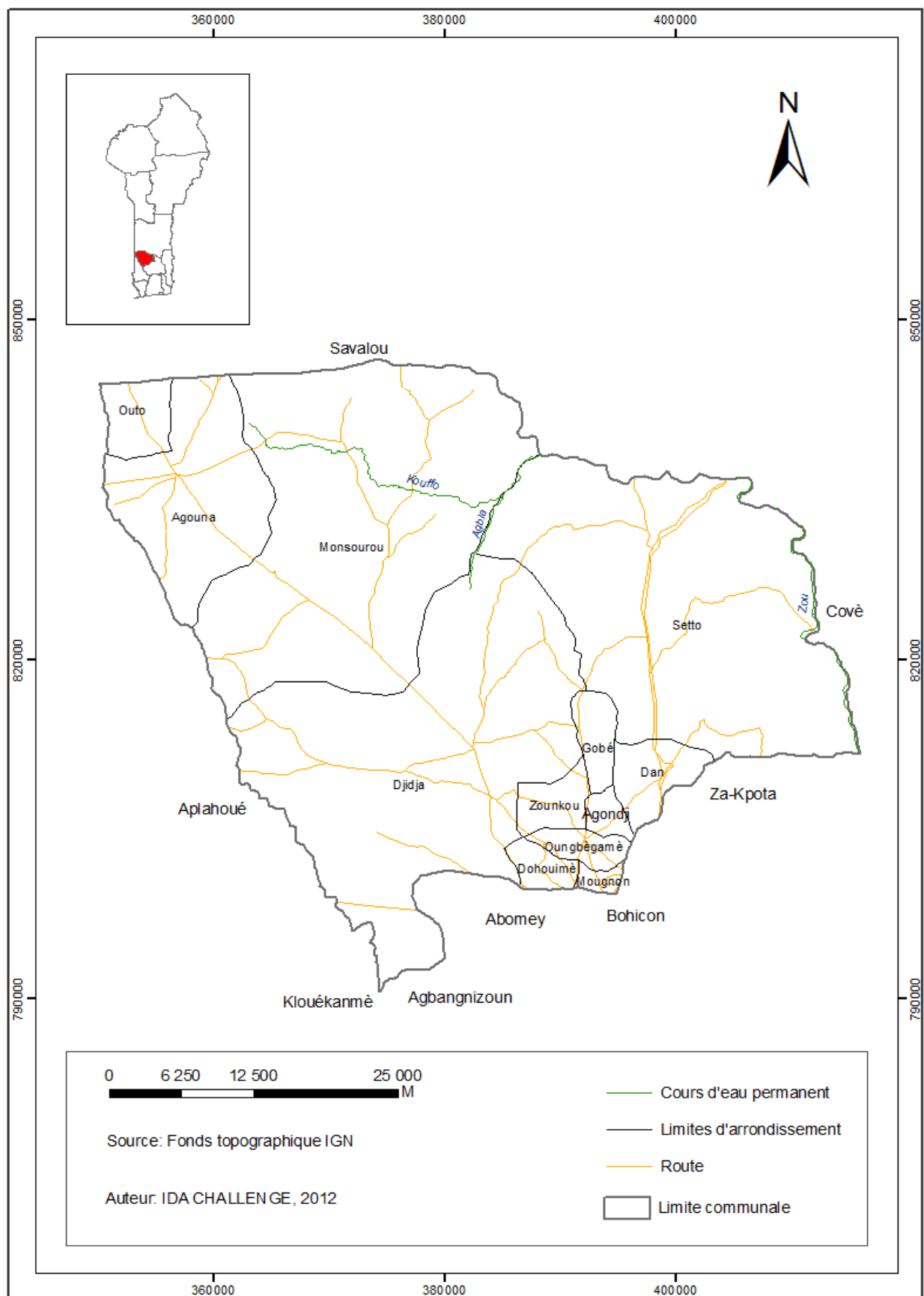


Figure 1 : Localisation de la Commune de Djidja

Source : IDA-CHALLENGE, 2012

3.2. Matériels

Le matériel biologique de base pour cette étude est une collection de 81 accessions de lentille de terre (*M. geocarpum*) dont 70 collectées dans différentes zones agro-écologiques du Bénin et 11 accessions en provenance de Burkina Faso. Les matériels utilisés dans le cadre de l'étude sont constitués de :

- Un GPS (Global Positioning System) pour la localisation du site d'expérimentation ;
- Une balance électronique de précision (Servo balans) a été utilisée pour la prise du poids de 100 graines et du rendement par parcelle ;
- Un pied à coulisse électronique (Electronic Digital Caliper) a été utilisé pour mesurer la longueur et la largeur des folioles terminales d'une part et de la longueur, la largeur et l'épaisseur des graines et des gousses d'autre part ;
- Un pulvérisateur de marque Solo 425 a été utilisé pour le traitement phytosanitaire ;
- Un appareil photo de marque kodak 14 MP a été utilisé pour la prise des images ;

La réalisation du travail a été faite tout en adoptant des méthodes précises et qui se présentent de la manière suivante.

3.3. Méthodes

3.3.1 Dispositif expérimental

L'essai a été installé sur une superficie de 4000 m² (200×20) dans un dispositif expérimental en alpha plan (9 x 9 Alpha lattice design) avec 3 réplifications. Trois billons espacés de 75 cm ont été conçus respectivement sur 200 m de long et sur 20 m de large de chaque côté et ceci sur l'extrême limite de la superficie lesquels ont reçus des accessions appelées garde-row et constituent des lignes de bordures. Ces trois lignes de bordures sont espacées de 0,5 m de l'essai proprement dit. Au total, nous avons 27 blocs comportant chacun 9 unités parcellaires, donnant au total 243 unités parcellaires. Les blocs sont séparés l'une de l'autre de 0.5 m et chaque bloc comporte 9 parcelles d'une superficie de 13 m² chacune, lesquelles sont aussi espacées d'une distance de 0,5 m. Chaque parcelle élémentaire est constituée de 3 billons de 4,5 m de long et de 25 cm de haut. Un espacement de 0,75 cm entre billons et de 0,30 cm à l'intérieur de chaque billon a été observé (Annexe 1). Le semis a été fait en Août à raison d'une graine par poquet.

3.4. Collecte de données

Au total, trente-quatre (34) variables dont vingt (22) quantitatives et douze (12) qualitatives ont été évaluées. Ces variables ont été mesurées et observées sur 10 plantes choisies de façon

aléatoire par parcelle. Les observations et mesures ont été effectuées sur base des descripteurs adaptés de IPGRI et al. (2000) et IBPGR & ICRISAT (1981), développés respectivement pour le voandzou et l'arachide

❖ Paramètres quantitatifs

Les nombres de branches (nbranche) et de feuilles (nfeuille) par plante ont été comptés sur 10 plantes par parcelle de façon aléatoire et ceci après que la phase végétative soit bouclée.

Le nombre de plantes malades (nplt.mal) a été déterminé après deux passages de comptage et dès l'apparition des symptômes de maladie (flétrissement et dessèchement des feuilles dès la base). Le nombre de plants régénérés (nplt.reg) a été compté dès la maturité physiologique des plantes.

Longueur de foliole terminale (lng.fol), largeur de foliole terminale (lrg.fol) et la longueur du pétiole (long.pet) obtenues en mm ont été également mesurées immédiatement après la phase végétative sur 10 plantes choisies de façon aléatoire par parcelle et à l'aide des pieds à coulisse et d'un traceur gradué en mm (Figure 2).



Figure 2: a) Mesure de la longueur de la foliole et b) mesure de largeur de la foliole terminale.

Source : Photo terrain Chodatou, 2019

- Le taux de germination (tgerm) ainsi que le nombre de jours à 50% de germination (njrs.50G) ont été déterminés en faisant le comptage au quotidien et durant 16 jours du nombre de graines ayant germées. Ce comptage a débuté 3 jours après semis, lorsque la première levée a été observée.
- Le nombre de jours à 50% de floraison (njr.50flsn) a été déterminé par un comptage quotidien des plantes ayant fleuries dès l'apparition de la première fleur ceci au 46^{ème} jour après semis. Le nombre de fleurs par plante (nflleur) a été déterminé à partir du comptage de nombre de fleurs sur 10 plantes par parcelle et ceci au 46^{ème} jour après semis.
- Le nombre de jours à 50% de maturité (njr.50mtr) a été déterminé à travers des observations sur les plantes. Cette maturité s'est caractérisée par le jaunissement suivi du dessèchement progressif des feuilles. Cette maturité physiologique s'illustre à travers la figure 3.



Figure 3: Photo montrant la maturité physiologique de la lentille de terre.

Source : Photo terrain Chodatou, 2019

La longueur des gousses (long.gse), la largeur des gousses (larg.gse) qui sont toutes en mm ont été mesurées (Figure 4) après la récolte sur 100 gousses prises de façon aléatoire par parcelle. Lors de cette prise de mesure, le nombre de graines par gousse (ngr.gse) a

été aussi déterminé. Le nombre de gousses par plante (ngousse) et le nombre de gousses vides (ngousse.vide) ont été déterminés sur 10 plantes par parcelle.

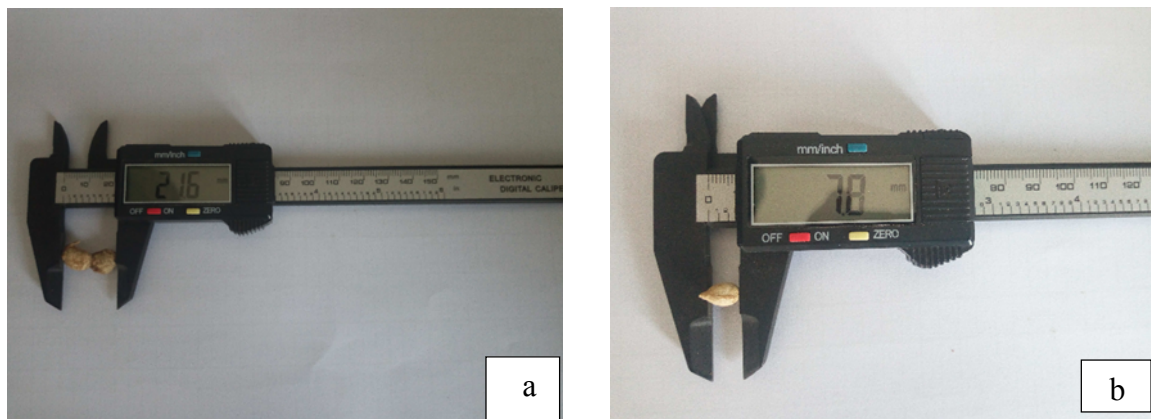


Figure 4 : a) Mesure de la longueur à deux graines. et b) mesure de largeur d'une gousse à une graine

Source : Photo terrain Chodatton, 2019

- Longueur des graines (lng.gr), largeur des graines (lrg.gr) et épaisseur des graines (epsr.gr) ont été mesurés après décorticage sur 50 graines par parcelle (Figure 5).

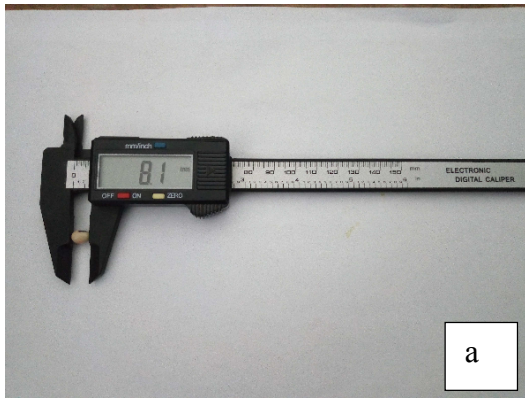


Figure 5: a) Mesure de la longueur et b) de l'épaisseur des graines

Source : Photo terrain Chodaton, 2019

Le poids de 100 graines noté (ps100.gr) obtenu en g et le rendement noté (Rdmt) obtenu en kg/ha ont été respectivement déterminés en pesant 100 graines prélevées aléatoirement dans chaque accession (figure 6)



Figure 6: a) Prise du poids de 100 graines et de b) la productivité par unité parcellaire

Source : Photo terrain Chodaton

Paramètres qualitatifs

Le tableau 2 présente les caractères qualitatifs étudiés de même que leur codification

Tableau 2: Caractère qualitatifs et codification

Caractères qualitatifs	Niveau de caractère	Codification
Port de la plante	Dressé	Pp.dre
	Rampant	Pp.ramp
	Semi-dressé	Pp.sem
Pigmentation de tige	Présente /Absente	Pig.tig
Forme foliole terminale	Suborbiculaire	Ffol.sub
	Oblongue-élliptique	Ffol.oblon
Couleur foliole terminale	Vert-foncé	Clrfol.vf
	Vert-intermédiaire	Clrfol.vi
Couleur de fleur	Blanche teintée de pourpre	Clrflr.bp
	Vert blanchâtre	Clrflr.vb
Forme de gousse	se terminant par un point et rond de l'autre coté	Sprd
	se terminant par un point avec une anse de l'autre coté	Span
Couleur gousse	Blanche	Clrgse.b
	Blanche teintée de pourpre	Clrgse.btp
Texture de gousse	Nombreux rainures	Texgse.nrai
	Quelques rainures	Texgse.qrai
Détachement gousse	Oui/Non	Detgse
Forme graine	Allongée	Fgr.all
	Sphérique	Fgr.sph
Couleur graine	Noire	Clrgr.noir
	Crème	Clrgr.cre
	Rouge clair-brun	Clrgr.rgbrun
Forme œil	Irrégulier	Foei.irr
	Triangulaire	Foei.tri
	Papillon	Foei.pap

3.5 Traitement et analyse des données

Les données collectées ont été saisies dans le tableur Excel. Les logiciels R version 3.5.0, et Minitab version 17 ont été utilisés pour les diverses analyses.

L'évaluation et la structuration de la variabilité agro-morphologique au sein des accessions de la lentille de terre ont été faites au moyen de l'indice (H') de Shannon–Weaver (Shannon & Weaver, 1949). Cet indice a été calculé sur les caractères qualitatifs suivant la formule:

$$H' = \frac{[\sum (n/N) * \{\log_2 (n/N) * (-1)\}]}{\log_2 k}$$

Avec H' l'indice de la diversité de Shannon-Weaver, k le nombre de classes phénotypiques pour un caractère, n la fréquence de la classe phénotypique pour chaque caractère et N le total des observations pour chaque caractère.

Les statistiques descriptives (moyenne, erreur standard, minimum, maximum, coefficient de variation) étaient calculées sur les caractères quantitatifs. Les accessions étaient comparées à l'aide d'une analyse de la variance (ANOVA) et les moyennes étaient séparées en utilisant la plus petite différence significative de Fisher (LSD ; Least significant difference) au seuil de 0.05. Ces analyses avaient permis de comparer ces traits afin de voir ceux qui sont significatifs dans la collection.

L'analyse de relation entre le rendement et les autres caractères quantitatifs a été déterminée au moyen de la corrélation de Pearson avec le logiciel Minitab 17 lequel a permis de connaître les traits qui sont significativement corrélés.

L'identification des accessions performantes pour des fins d'amélioration variétale a été réalisée grâce à l'analyse multivariée (ACP, AFC, CHA). Ensuite la réalisation des tests statistiques ont permis de connaître les traits qui vont ensemble.

Chapitre IV- Résultats et discussion

4.1 Résultats

4.1.1 Variabilité phénotypique des caractères qualitatifs au sein de la collection

Le tableau 3 présente les variabilités phénotypiques observées au sein des accessions sur la base de calcul de l'indice de Shannon-Weaver. Cet indice H' calculé sur les variables qualitatives varie de 0,16 (texture de gousses) à 0,68 (port de la plante). Le résultat issu du tableau montre que les caractères tels que le port de la plante ($H'=0,68$), la pigmentation de la tige ($H'=0,41$), la couleur de la fleur ($H'=0,50$), la forme d'œil ($H'=0,47$) présentaient une grande diversité tant dans les accessions du Bénin qu'au sein des accessions du Burkina. Le détachement des gousses ($H'=0,47$) fait partie aussi des caractères qui présentent une grande diversité. Ce caractère était aussi diversifié au sein des accessions du Burkina ($H'=0,51$) qu'au sein des accessions du Bénin ($H'=0,47$).

Par contre, les caractères comme la forme de foliole terminale ($H'= 0,23$), la couleur des gousses ($H'= 0,28$), la couleur de la foliole terminale ($H'= 0,23$), la forme des gousses ($H'= 0,23$) et la couleur des graines ($H'= 0,33$) a montré une diversité modérée autant pour les accessions du Bénin que celles du Burkina. Enfin la texture des gousses a exhibé une très faible diversité ($H'= 0,16$) au sein des accessions de la collection.

72,28% des accessions de la collection a exhibé un port dressé et seulement 19,75% et 7,40% présentaient respectivement des ports semi-dressé et rampants. De même 85,18% des accessions ont des tiges exemptes de pigment contrairement aux accessions dont les tiges sont pourvues de pigment qui ne représentent que 14,18 % de la collection. Pour le caractère forme de foliole terminale, 93,29% des accessions possèdent des folioles en forme suborbiculaire et seulement 3,70 % ont des folioles de forme elliptique. La couleur vert-foncée des folioles était la plus dominante au sein des accessions de la collection avec un taux de 96,26% et seulement 3,70% des accessions ont des folioles de couleur verte intermédiaire.

La majorité des accessions de la collection ont des fleurs de couleur blanche verdâtre soit une proportion de 88,88% de toute la collection contre seulement 11,11% ayant des fleurs de couleur blanche teinté de pourpre (Figure 7).



Figure 7: a) Fleurs à couleur blanc-verdâtre et
pourpre

b) Fleurs à couleur blanc-teintée de
pourpre

Source : Photo terrain Chodaton, 2019

96,29% des accessions ont des gousses pointues d'un côté et rond de l'autre côté, contrairement aux 3,70% des accessions qui ont des gousses pointues d'un côté et présentant une anse de l'autre côté.

De même, 95,06% des accessions ont des gousses de couleur blanche et seulement 4,93% ont des gousses de couleur blanche teinté de pourpre (Figure 8).



Figure 8: a) Gousses de couleur blanche et b) Gousses blanche teintée de pourpre

Source : Photo terrain Chodatou, 2019

Pour le caractère texture des gousses, 97,53% des accessions avaient des gousses ayant quelques rainures. Mais 2,49% des accessions avaient de nombreuses rainures sur les gousses. 55,55% des accessions avaient des gousses à détachement moins difficiles contrairement à

44,44% des accessions aux gousses difficiles à détacher. Les différentes accessions de la collection avaient deux différentes formes de graines. Ainsi 96,29% des accessions ont des graines en forme allongée et 3,70% seulement des accessions possédaient des graines de forme sphérique.

De même, les graines des accessions de la collection avaient trois différentes couleurs. 90,12%, 8,64% et 1,23% avaient respectivement des graines de couleur crème, noire, rouge brun-claire (Figure 9).



Figure 9: a) Couleur crème, b) noire et c) rouge brun-claire des graines

Source : Photo terrain Chodaton, 2019

Enfin, il existe trois différentes formes d'yeux aux seins des accessions de la collection avec 85,18%, 7,40% et 7,40% des accessions qui avaient respectivement des yeux en forme triangulaire, papillon et irrégulier (Figure 10)



Figure 10: a) Yeux en forme de papillon de graines

Source : Photo terrain Chodaton, 2019

Tableau 3 : Variabilités phénotypiques observées au sein des accessions sur la base de calcul de l'indice de Shannon-Weaver.

Caractère qualitatifs	Niveau de caractères	Origine								
		Bénin			Burkina			Collection		
		Fréquences	Proportions	H'	Fréquences	Proportions	H'	Fréquences	Proportions	H'
Port de la plante	Rampant	5	7,14		1	9,09		6	7,4	
	Dressé	49	70	0,67	10	90,9	0,68	59	72,83	0,67
	Semi-dressé	16	22,85		0	0		16	19,75	
Pigmentation de tige	Présente	5	7,14		7	63,63		12	14,81	
	Absente	65	92,85	0,4	4	36,36	0,41	69	85,18	0,40
Forme foliole terminale	Suborbiculaire	69	98,57		9	81,81		78	96,29	
	oblongue-élliptique	1	1,42	0,22	2	18,18	0,23	3	3,7	0,22
Couleur de la foliole terminale	Vert foncé	68	97,14		10	90,9		78	96,29	
	Vert intermédiaire	2	2,85	0,22	1	9,09	0,23	3	3,7	0,22
Couleur de la fleur	Blanche teinté de pourpre	6	8,57		3	27,27		9	11,11	
	Blanche verdâtre	64	91,42	0,5	8	72,72	0,5	72	88,88	0,50
Forme de gousses	Se terminant par un point, rond de l'autre coté	68	97,14		10	90,9		78	96,29	
	Se terminant par un point, avec une anse de l'autre coté	2	2,85	0,22	1	9,09	0,23	3	3,7	0,22
couleur de gousses	Blanche	66	94,28		11	100		77	95,06	
	Blanche teinté de pourpre	4	5,71	0,28	0	0	0,28	4	4,93	0,28
Texture de gousse	Quelques rainures	69	98,57		10	90,9		79	97,53	
	nombreux rainures	1	1,42	0,16	1	9,09	0,16	2	2,46	0,16
Détachement gousse	oui	31	44,28		6	54,54		45	55,55	
	non	39	55,71	0,47	5	45,45	0,46	36	44,44	0,47
Forme de graine	Allongée	67	95,71		11	100		78	96,29	
	Sphérique	3	4,28	0,22	0	0	0,23	3	3,7	0,22
	Noir	3	4,28		4	36,36		7	8,64	
Couleur de graine	Crème	66	94,28	0,32	7	63,63	0,33	73	90,12	0,32
	Rouge brun clair	1	1,42		0	0		1	1,23	
Forme de l'œil	Papillon	0	0		6	54,54		6	7,4	
	Irrégulier	2	2,85	0,47	4	36,36	0,47	6	7,4	0,47
	Triangulaire	68	97,14		1	9,09		69	85,18	

4.1.2 Variabilité quantitative inter-accessions

Le tableau 4 présente les éléments de la statistique tels que : la moyenne, l'erreur standard, le coefficient de variation, le minimum et le maximum. Les résultats montrent des écarts importants au niveau du coefficient de variation. Les coefficients de variation vont de 0,22% (nombre de jours à 50% de maturité) à 66,84% (nombre de plantes régénérées). Cet écart observé au niveau du coefficient de variation révèle qu'il y a de la diversité phénotypique pour des caractères quantitatifs mesurés. Les coefficients de variation des caractères comme le nombre de gousses par plante (ngousses) (25,95%), le taux de germination (tgerm) (31%), le nombre de gousses vides (ngousse.vide) (34,7%), le rendement (36,36%), le nombre de plantes régénérées (nplt.reg) (66,84%), le nombre de plantes malades (nplt.mal) (63,89%) et le nombre de fleurs (nfleur) (32,2%) indiquent qu'il y avait une haute variabilité agro-morphologique au sein des accessions de lentille de terre pour ces caractères quantitatifs. Notons que le rendement en grain n'est pas significatif quand bien même il variait de (890,45 à 5206,7 kg/ha) avec une moyenne de 2466,89 kg/ha. Ensuite, la largeur de la foliole (lrg.fol) (CV= 4,41) était significative. Le nombre de branches par plantes (nbranche; CV=22,89%), le nombre de jours à 50% de floraison (njrs.50flsn) (2,95%), la longueur des graines (lng.grn) (4,18%), la largeur des graines (lrg.gr) (3,52%), la longueur du pétiole (long.pet) (8,86%) et la largeur de la foliole (lrg.fol) (4,41%), le poids de 100 graines (ps.grs) (8,94%) et l'épaisseur des graines (espr.grn) (3,64%) ont présenté une forte variabilité au sein des accessions de la collection.

Tableau 4: Statistique descriptive des caractères quantitatifs.

Descripteur	min	max	mean	SE	CV	F-stat
tgerm	20,93	79,84	46,37	1,6	31	***
njrs.50G	8	16	13,01	0,22	15,33	NS
nfeuille	38,11	94,3	65,75	1,24	16,94	*
nfleur	9,03	33,67	16,47	0,59	32,2	***
ngse	50,32	143,25	90,32	2,6	25,95	NS
ngse.vide	7,53	39	17,61	0,68	34,7	NS
nbranche	4,17	15,2	9,51	0,24	22,89	***
njrs.50flsn	46	53	48,83	0,16	2,95	***
njrs.50mtr	102	104	102,03	0,03	0,22	NS
ps.grs (g)	11,06	16,73	12,92	0,13	8,94	***
nplt.mal	0,67	18	4,63	0,33	63,89	
nplt.reg	0	5,33	1,79	0,13	66,84	
lng.gr (mm)	7,61	9,29	8,21	0,04	4,18	***
lrg.gr (mm)	5,31	6,29	5,68	0,02	3,52	***
epsr.gr(mm)	3,81	4,7	4,26	0,02	3,64	***
lng.fol(mm)	59,88	72,82	65,75	0,28	3,87	***
lrg.fol(mm)	42,34	53,25	48,66	0,24	4,41	**
lng.pet(mm)	110,42	175,8	143,38	1,41	8,86	***
lng.gse(mm)	9,36	15,75	12,32	0,13	9,63	***
lrg.gse(mm)	6,22	8,39	7,72	0,04	5,03	NS
ngr.gse(mm)	1,06	1,54	1,29	0,01	7,75	NS
Yield(kg/ha)	890,45	5206,7	2466,89	99,66	36,36	NS

NS – no-significant, * significant at $p < 0.05$, ** significant a $p < 0.01$, *** significant at $p < 0.001$

4.1.3 Corrélation entre les variables quantitatives

Le tableau 5 montre les relations entre les caractères quantitatifs mesurés. L'analyse de ce tableau révèle des corrélations positives et élevées entre le nombre de feuilles par plante (nfeuille) et le nombre de branches par plante (nbranche) (75%), entre le poids de 100 graines (ps.100gr) et la longueur des graines (lng.gr) (68%), entre le poids de 100 graines (ps.100gr) et la largeur des graines (lrg.gr) (65%), entre le nombre de plantes malades (plt.mal) et le nombre de plantes régénérées (nplt.reg) (55%), entre la largeur des graines (lrg.gr) et la longueur du pétiole (lng.pét) (50%), entre la longueur de la foliole (long.fol) et la largeur de la foliole (lrg.fol) (75%), entre la longueur de la foliole (long.fol) et la longueur du pétiole (lng.pét) (77%), entre la largeur de la foliole (lrg.fol) et la longueur du pétiole (lng.pét) (58%), entre la longueur des gousses (long.gse) et la largeur des gousses (lrg.gse) (58%) et entre la longueur des gousses (long.gse) et le nombre de graines par gousse (ngr.gse) (76%). Aucune de ces corrélations n'était significative. Par contre, le nombre de jours à 50% de germination

(njrs.50G) et le nombre de plantes régénérées par accession (nplt.reg) (-20%) sont corrélés négativement avec un coefficient de corrélation relativement faible mais fortement significatif. De même, le nombre de fleurs par plante (nflour) et la largeur de la foliole (lrg.fol) (20%), le nombre de plantes régénérées et la largeur des graines (lrg.gr) (24%), la largeur des graines (lrg.gr) et la largeur des gousses (lrg.gse) (20%), la longueur du pétiole (lng.pét) et le rendement (rdmt) (21%) étaient positivement corrélés avec un coefficient relativement faible mais fortement significatif ($P < 0,001$).

Tableau 5 : Matrice de corrélation entre les caractères quantitatifs.

	tgerm	njrs.50G	nfeuille	nfleur	ngse	ngse.vide	nbranche	njrs.50flsn	njrs.50mtr	ps.grs	nplt.mal	nplt.reg	lng.gr	lrg.gr	epsr.gr	lng.fol	lrg.fol	lng.pet	lng.gse	lrg.gse	ngr.gse	rdm	
tgerm																							
njrs.50G	-0,29																						
nfeuille	0,07	0,04																					
nfleur	0,22	0,03	0,24																				
ngse	0,04	0,01	0,13	0,08																			
ngse.vide	0,01	-0,01	0	-0,07	0,52																		
nbranche	0	0	0,75	-0,06	0	0																	
njrs.50flsn	-0,29	0,17	0,03	-0,26	0,14	-0,07	0,08																
njrs.50mtr	0,03	0,04	-0,13	-0,03	0,02	0,04	-0,12	-0,12															
ps.grs	0,29	-0,07	-0,06	0,35	0,17	0,05	-0,15	-0,41	0,09														
nplt.mal	0,49	-0,18	0,02	0,23	-0,1	-0,06	0,03	-0,36	-0,04	0,29													
nplt.reg	0,43	-0,2***	0,05	0,15	0,01	0	0,05	-0,23	-0,04	0,22	0,55												
lng.gr	0,3	-0,03	0	0,35	0,1	0,03	-0,14	-0,37	0,07	0,68	0,28	0,24***											
lrg.gr	0,34	-0,02	0,08	0,28	0,18	0,04	-0,04	-0,26	-0,02	0,65	0,16	0,21	0,8										
epsr.gr	0,23	-0,15	0,02	0,06	0,13	0,08	0,08	-0,17	0,03	0,41	0,27	0,23	0,22	0,39									
lng.fol	0,33	-0,04	0,23	0,42	0,17	-0,01	0,02	-0,26	-0,1	0,39	0,29	0,28	0,42	0,45	0,17								
lrg.fol	0,12	0,05	0,45	0,2***	0,12	-0,08	0,25	0,09	-0,23	0,03	0,05	0,15	0,13	0,27	0,01	0,75							
lng.pet	0,49	-0,1	0,3	0,49	0,12	-0,01	0,13	-0,41	-0,08	0,43	0,46	0,41	0,47	0,5	0,24	0,77	0,58						
lng.gse	0,17	0,08	-0,02	0,28	0,09	0,09	-0,12	-0,19	0,02	0,29	0,02	0,01	0,34	0,27	0,03	0,12	-0,01	0,12					
lrg.gse	0,09	-0,03	-0,09	-0,04	0,08	0,1	-0,06	-0,07	-0,01	0,14	0	0,01	0,16	0,2***	0,08	-0,02	0	0	0,58				
ngr.gse	0,07	0,15	0,11	0,3	0,01	0,02	-0,03	-0,04	-0,02	0,06	-0,07	-0,07	0,13	0,07	-0,06	0,07	0,03	0,05	0,76	0,01			
rdmt	0,06	0,02	0,16	0,29	0,73	0,39	0,01	-0,17	-0,01	0,33	-0,13	-0,01	0,23	0,32	0,11	0,3	0,17	0,21***	0,37	0,04	0,34		

*** *fortement significative (p<0.001).*

4.1.4 Classification Hiérarchique Ascendante sur la base des traits quantitatifs

Le tableau 6 présente les valeurs propres et le pourcentage cumulé de variance des caractères quantitatifs qui contribuent à la variation totale. Les trois premiers axes de l'analyse en composante principale (ACP) expliquaient respectivement 30,5%, 11,6% et 11,1% de la variabilité, soit 53,2% de la variabilité totale. Le premier axe était positivement corrélé avec la longueur de la foliole terminale (long.fol), le rendement (rdmt), le nombre de fleurs par plante (nfleur), le poids de 100 graines (ps.100 grs), la longueur des gousses (lng.gse), la longueur du pétiole (lng.pet), la longueur des graines (lng.grn) et la largeur des graines (lrg.grn) mais négativement corrélé avec le nombre de branches par plante (nbranche), le nombre de jours à 50% de germination (njrs.50G), le nombre de jours à 50% de floraison (njrs.50flsn). Le deuxième axe était positivement associé au nombre de feuilles par plante (nfeuille) et la largeur de la foliole terminale (lrg.fol) mais négativement associé au nombre de jours à 50% de germination (njrs.50G) (Figure 11).

Le troisième axe est positivement associé au nombre de gousses vides (ngse.vide), à la largeur des gousses (lrg.gse) et au nombre de gousses par plante (ngse) mais négativement associé au nombre de jours à 50% de maturité (njrs.50mtr), le nombre de branches par plante (n branches) et au nombre de feuilles par plante (nfeuille) (Figure 13).

L'Analyse en Composantes Principales a montré que les accessions qui avaient un poids de 100 graines élevé et un bon rendement, avaient également un nombre élevé de fleurs, de longues et larges graines mais peu de nombre de branches par plante (nbranche) et le nombre de jours à 50% de floraison (njrs.50flsn). Ces accessions comprenaient, BUR 16, BUR 18, BUR 7, BUR 8, BUR 15, BUR 9, BUR 3, BUR 10, BUR 13, BUR 14 qui étaient du Burkina, et Zhla2 et Gbo4 qui provenaient du Bénin. Les figures 12 et 14 illustrent la contribution des caractères aux systèmes d'axes (1 et 2) et (1 et 3).

Tableau 6 : Matrice de corrélation des valeurs propres

Component	valeur propre	Pourcentage of variance	Cumulative percentage of variance
1	6,32	30,5	30,5
2	2,54	11,6	41,1
3	2,22	11,1	53,2

4.1.5 Classification Hiérarchique Ascendante sur la base des traits qualitatifs

Le tableau 7 présente les valeurs propres et le pourcentage cumulés des caractères qualitatifs qui contribuent à la diversité totale. La figure 15 montre la projection des caractères qualitatifs sur le système d'axes 1 et 2. Les quatre premiers axes expliquaient respectivement 21%, 13,28%, 12,27% et 9,10% de la variabilité, soit 55,64 % de la variabilité totale. Le premier axe était corrélé avec la couleur noire des graines (Clrgr.noire), la forme de l'œil irrégulier (Foei.irr), la couleur blanche teintée de pourpre des fleurs (Clrflr.bp), la couleur blanche teintée de pourpre des gousses (Clrgse.btp), la couleur brune claire de la graine (Clrgr.rgbrun). Le deuxième axe expliquait (13,28%) de la variabilité totale et était corrélée avec le port rampant (Pp.ramp) et la couleur crème de graines (Clrgr.cre).

L'Analyse en Composantes Principales avait montré que les accessions qui contribuaient à ces caractères comprenaient (BUR 8, BUR 9, BUR 13, BUR 13, BUR 7, BUR 16, BUR 18) du Burkina et des accessions (Zhal2, Lal2, LeAd2, Tow1) du Bénin (figure 16).

Tableau 7 : Matrice de corrélation des valeurs propres.

Components	Valeur propre	Percentage of variance	Cumulative percente of variance
1	0,27	20,98	20,98
2	0,17	13,28	34,26
3	0,16	12,27	46,54
4	0,11	9,10	55,64

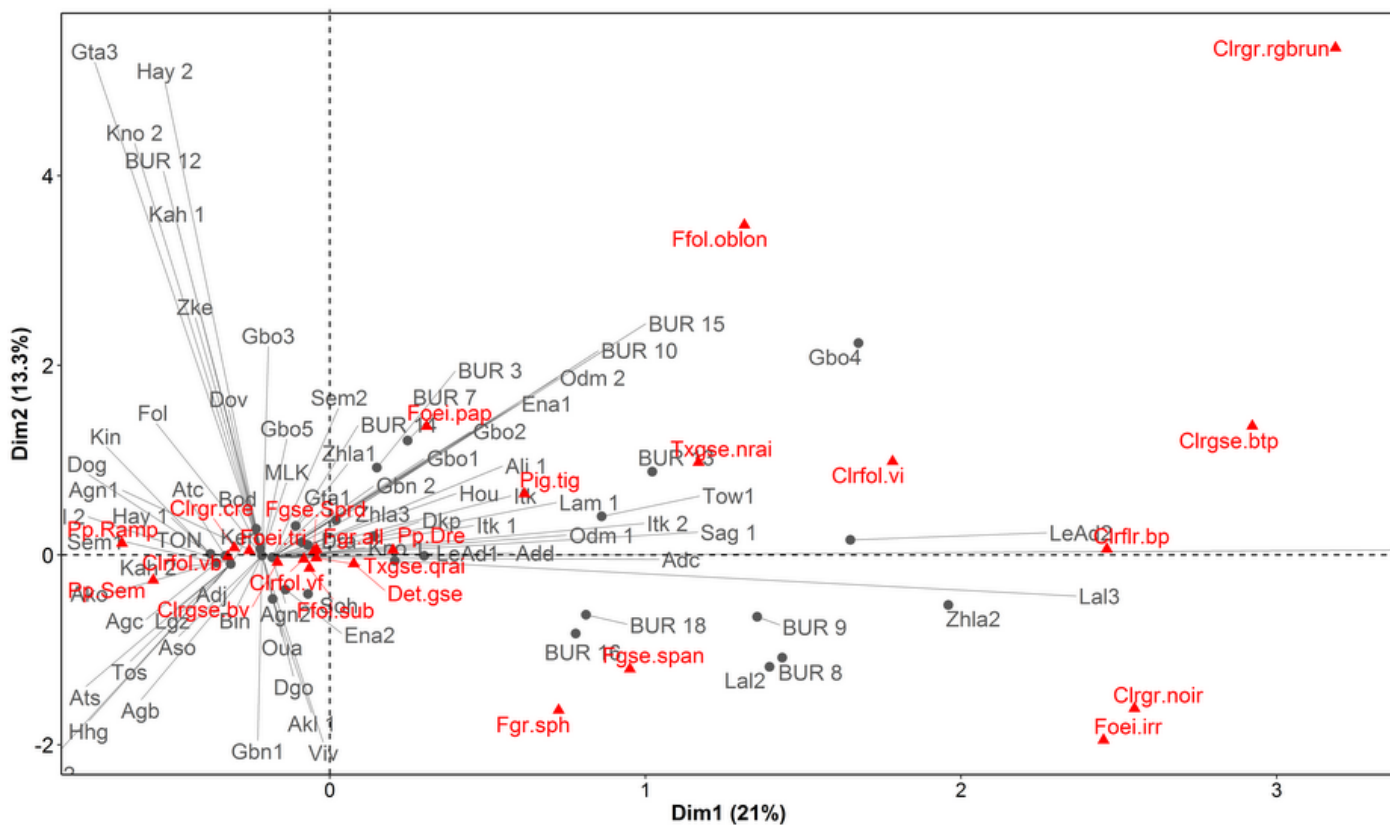


Figure 15: Projection des caractères qualitatifs sur les systèmes d'axes (1 et 2)

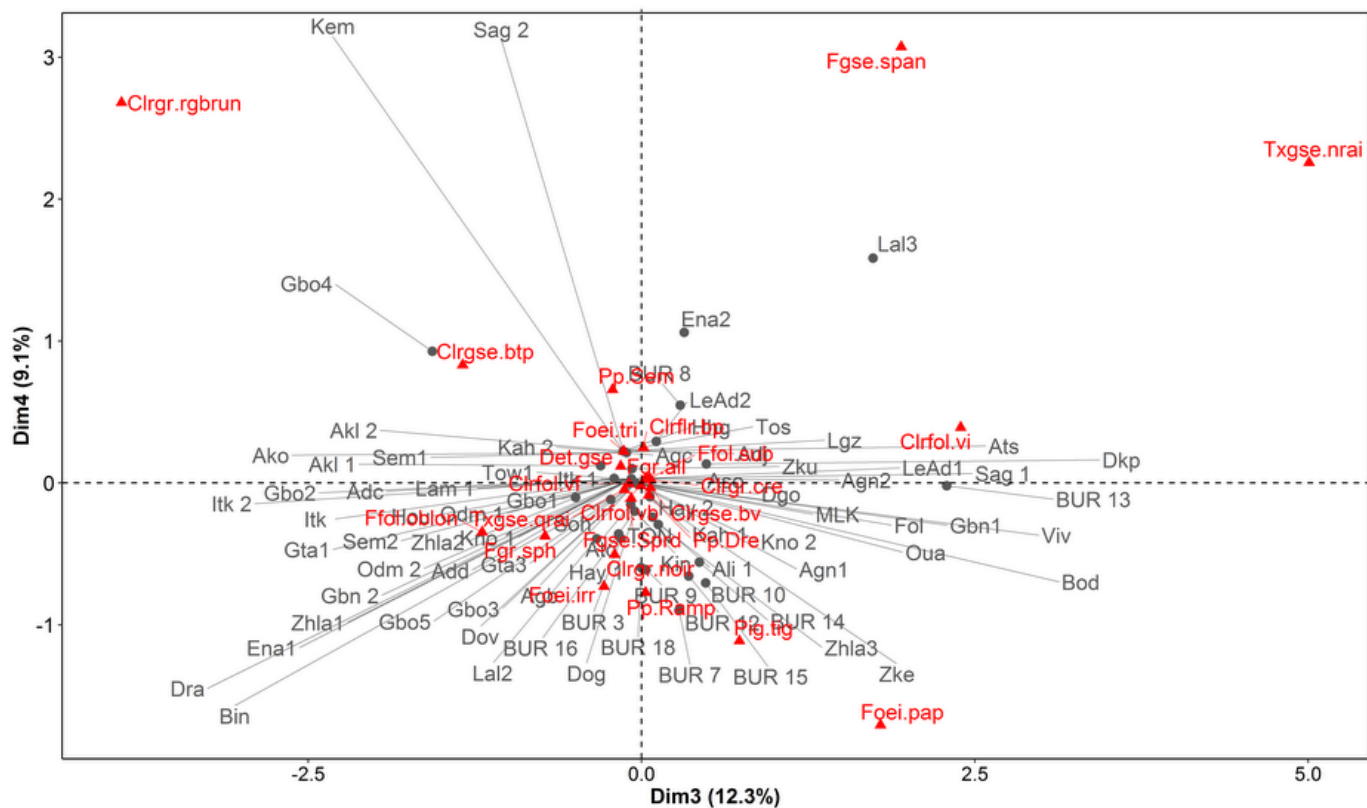


Figure 16: Projection des variables qualitatives sur des systèmes d'axes (3 et 4)

La Classification Hiérarchique Ascendante obtenue sur la base de la distance euclidienne entre les accessions et en utilisant la méthode UPGMA (Unweighted Pair-Group Method with arithmetic Average) avait catégorisé les accessions en trois groupes (figure 17). Le groupe 1 est composé de 13 accessions (dont 2 du Bénin et 11 du Burkina). Les deuxièmes et troisièmes groupes étaient respectivement composés de 18 et 50 accessions toutes du Bénin. Le premier groupe (C1) était composé des accessions caractérisées par une forte moyenne pour le nombre de jours à 50% de germination (njrs.50G) (13,78) et le nombre de jours à 50% de la floraison (njrs.50flsn) (49,57). Alors les accessions du groupe 1 ont une bonne vigueur à la germination et entrent tardivement en floraison par conséquent elles sont des accessions tardives.

Le deuxième groupe (C2) était constitué des accessions qui avaient une moyenne élevée pour le nombre de feuilles par plante (nfeuille) (72,32), le nombre de branches par plante (nbranche) (10,49) et un rendement moyen de (2509,9 kg/ha). Les accessions du groupe 2 avaient un rendement intermédiaire et sont caractérisées par un bon développement végétatif.

Le troisième groupe (C3) était composé des accessions performantes avec un rendement moyen de (3388,89 kg/ha), d'un bon nombre de fleurs par plante (25,64), d'un bon nombre de gousses par plante (98), du poids de 100 graines (14,92), de la longueur du pétiole (159,49) et de large longueur de gousse avec une moyenne de (13,75). Les accessions du groupe 3 étaient alors les accessions performantes en terme de rendement en grains.

La Classification Hiérarchique Ascendante faite par la méthode de l'UPGMA (Unweighted Pair-Group Method with arithmetic Average) sur la base des 81 accessions, a catégorisé les accessions en quatre groupes qualitatifs (figure 18). Le groupe 1 (C1) est composé de 3 accessions (BUR13, Ena2, Lal2). Le deuxième groupe (C2) comprenait 69 accessions (6 du Burkina et 63 du Bénin), le troisième groupe (C3) était constitué d'une seule accession (Gbo4) et enfin le quatrième groupe (C4) était composé de 8 accessions (Tow1, LeAd2, BUR16, BUR18, BUR9, Lal2, BUR8, Zhla2).

Le groupe 1 est majoritairement caractérisé par des accessions dont les gousses se terminent par un point avec une anse de l'autre côté. Les accessions du groupe 2 se caractérisent par des graines de couleur crème et de forme allongée avec des gousses pointues d'un côté et rond de l'autre côté. Aussi, ces accessions du groupe 2 avaient-elles en majorité des fleurs vert-blanchâtres avec une absence de pigment sur les tiges. L'accession du groupe 3 était caractérisée par des graines de couleur rouge avec des fleurs et des gousses de couleur blanche teintée de pourpre. Enfin le groupe 4 était caractérisé par des accessions au port

dressé, avec des feuilles suborbiculaire, des graines aux yeux triangulaires avec quelques rainures sur les gousses.

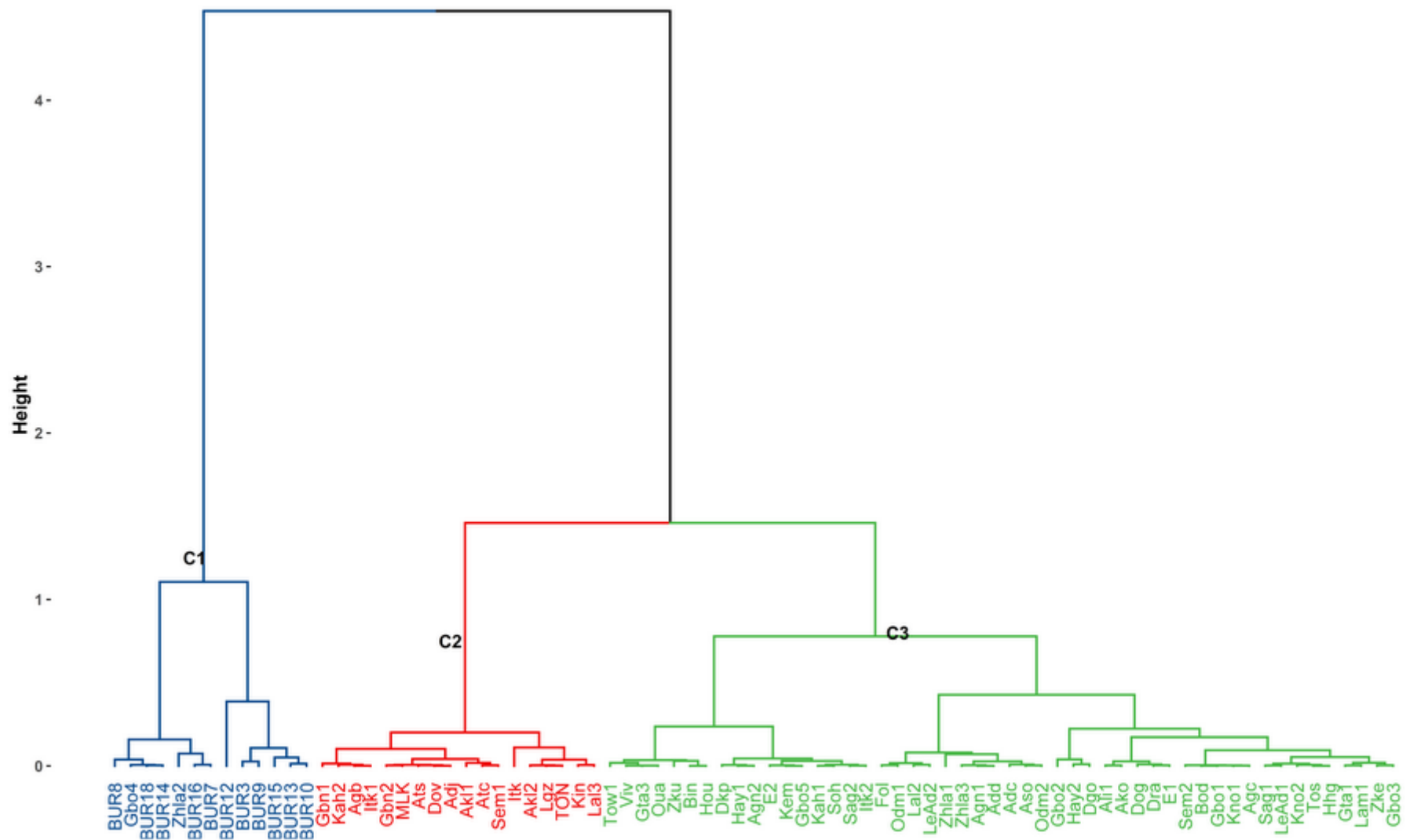


Figure 17: Dendrogramme des caractères quantitatifs obtenu par la méthode de l'UPGMA.

Tableau 8: Statistique descriptive sur les groupes des caractères quantitatifs

	Groupe 1 (n=13)					Groupe 2 (n=18)					Groupe 3 (n=50)				
	Mean	SE	CV	Min	Max	Mean	SE	CV	Min	Max	Mean	SE	CV	Min	Max
tgerm	34,47	1,7	27,94	20,93	55,04	53,62	1,84	20,63	34,11	79,84	55,57	3,44	22,34	37,21	78,29
njrs.50G	13,78	0,3	12,22	10,67	16	12,42	0,31	14,83	9,33	16	12,77	0,71	20,15	8	16
nfeuille	62,15	1,66	15,11	38,11	80,53	72,32	1,61	13,34	57,14	94,3	56,41	2,31	14,75	40	72,1
nfleur	13,57	0,5	20,95	9,05	20,07	15,74	0,55	20,93	9,03	23,25	25,64	1,24	17,41	17,63	33,67
ngousse	82,95	3,95	26,91	50,32	143,25	94,1	3,96	25,23	53,79	141,39	98	6,08	22,35	63,29	132,62
ngousse.vide	16,8	0,99	33,19	7,53	31,92	17,99	1,1	36,64	9,09	39	18,54	1,73	33,58	8,9	31,52
nbranche	9,51	0,31	18,55	6,31	13,47	10,49	0,31	17,63	7,73	15,2	6,79	0,45	23,96	4,17	9,4
njrs.50flsn	49,57	0,19	2,16	47,33	53	48,99	0,17	2,14	47,67	51,33	46,56	0,21	1,66	46	48,33
njrs.50mtr	102	0	0	102	102	102	0	0	102	102	102,2	0,15	0,54	102	104
ps.100grs (g)	12,2	0,12	5,34	11,06	13,64	12,85	0,11	4,92	11,71	13,87	14,92	0,26	6,34	13,63	16,73
nplt.mal	2,86	0,3	60,19	0,67	9,33	5,06	0,33	39,57	1,67	10,67	7,82	1,22	56,03	1,33	18
npl.reg	0,98	0,16	91,13	0	3	2,22	0,15	40,56	0	4	2,59	0,4	56,1	0,33	5,33
lng.gr (mm)	8	0,03	2,32	7,61	8,35	8,22	0,03	2,18	7,86	8,67	8,75	0,12	4,75	8,08	9,29
lrg.gr(mm)	5,56	0,02	2,38	5,31	5,76	5,71	0,02	2,58	5,48	6,16	5,9	0,07	4,21	5,51	6,29
epsr.gr(mm)	4,22	0,02	2,57	3,89	4,38	4,28	0,02	3,21	3,81	4,52	4,3	0,07	6,03	3,9	4,7
long.fol (mm)	63,93	0,34	2,99	59,88	68,03	66,36	0,28	2,56	62,54	70,44	68,57	0,72	3,78	64,56	72,82
larg.fol (mm)	48,07	0,29	3,39	44,88	51,37	49,89	0,22	2,68	46,93	53,25	46,69	0,83	6,44	42,34	53,06
long.pet (mm)	132,43	1,28	5,47	110,42	147,81	147,29	1,37	5,57	129,72	165	159,49	2,74	6,2	140,41	175,8
long.gse (mm)	11,73	0,15	7,42	9,55	12,84	12,34	0,14	6,82	9,36	14,35	13,75	0,41	10,81	10,73	15,75
larg.gse (mm)	7,64	0,07	4,89	6,27	8,11	7,81	0,05	3,99	6,53	8,28	7,69	0,16	7,38	6,22	8,39
ngr.gse	1,25	0,01	6,66	1,06	1,37	1,3	0,01	6,84	1,08	1,52	1,39	0,03	7,64	1,21	1,54
rendement (kg/ha)	2043,94	121,01	33,49	890,45	3828,68	2509,9	125,93	30,1	1395,43	4724,47	3388,89	288,82	30,73	1749,12	5206,7

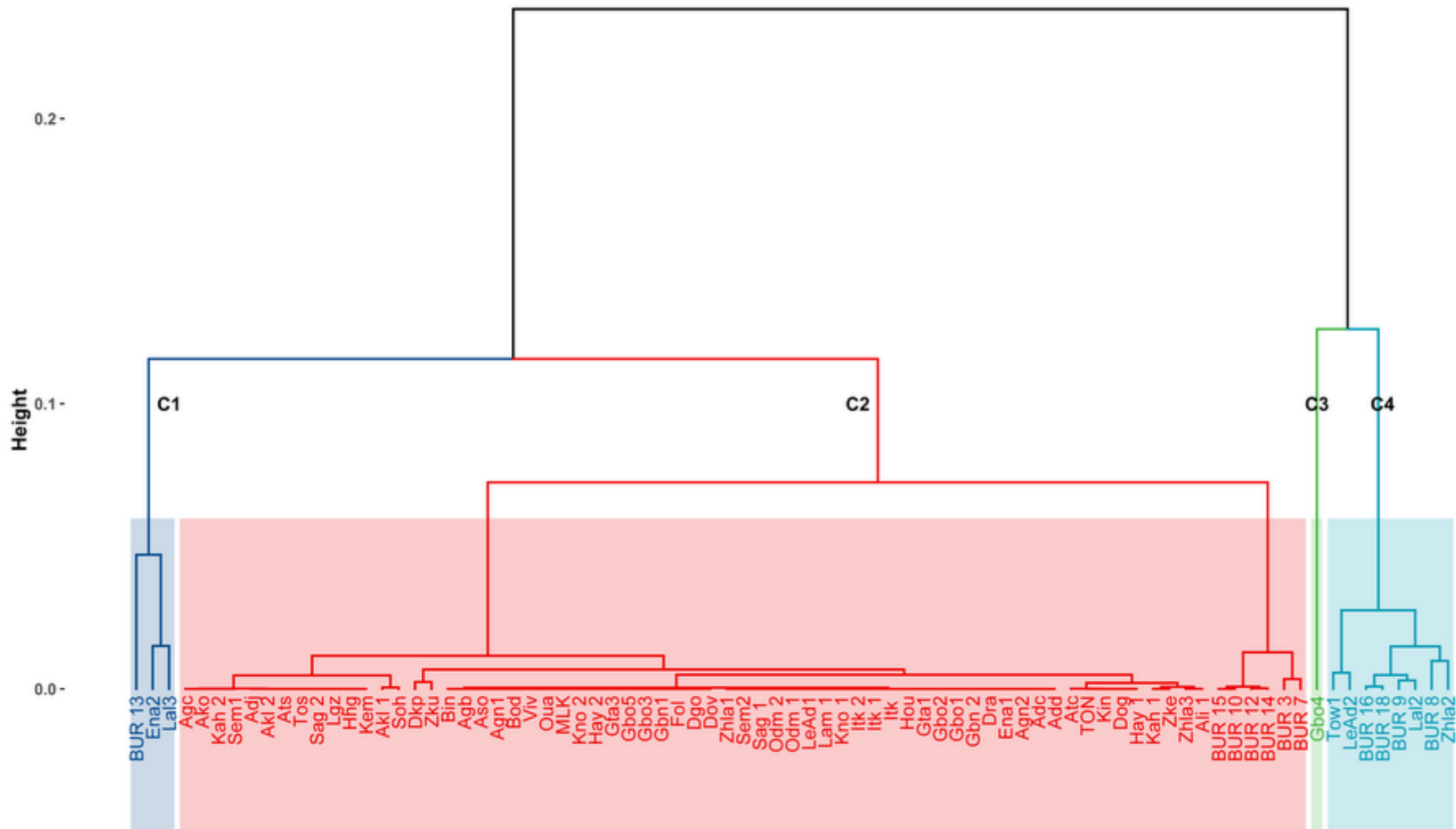


Figure 18: Dendrogramme des caractères qualitatifs obtenu par la méthode de l'UPGMA.

4.2.6 Discussion

La caractérisation agro-morphologique est un processus de mesure et d'observation de tous les caractères observables qui pourraient permettre d'identifier les variétés ou accessions d'une collection. Elle peut se réaliser sous diverses formes selon les objectifs de l'étude. Ainsi 81 accessions de la lentille de terre ont été étudiées au moyen d'une adaptation des descripteurs agro-morphologiques de l'arachide et du voandzou.

Les fortes valeurs obtenues pour les coefficients de variation impliquent qu'il existe une diversité au sein des accessions de la lentille de terre. L'analyse des caractères qualitatifs a montré que le port, la couleur des fleurs et la forme des graines étaient de nouveaux caractères étudiés et qui étaient diversifiés au sein des accessions du Bénin. De même, de nouveaux autres caractères comme la forme allongée des graines et la forme d'yeux en papillon des graines étaient présents dans le germoplasme venu du Burkina Faso. Si la diversité est associée à l'origine du germoplasme alors, l'introduction du germoplasme provenant de différents pays ouest africains apportera plus de la variabilité et facilitera la sélection.

Mieux, si les accessions du Burkina Faso ont certaines particularités qualitatives nouvelles alors elles peuvent également avoir des potentiels quantitatifs intéressants. L'obtention d'une grande variabilité signifie l'existence d'un grand potentiel exploitable à des fins d'amélioration variétale alors les traits quantitatifs tels que le nombre de plantes régénérées et le nombre de gousses vides ont montré une très grande variabilité et pourraient être des caractères sur lesquels les sélectionneurs peuvent potentiellement travailler en vue de l'amélioration du rendement de la lentille de terre. Selon Bonny & Djè (2011), la variabilité phénotypique est importante et résulterait de l'expression d'une forte hétérogénéité génotypique mais aussi de l'influence des facteurs environnementaux. Les résultats issus de la corrélation entre les caractères quantitatifs avaient montré des fortes et positives corrélations. La corrélation positive observée entre la longueur du pétiole et la largeur de la graine peut être intéressante pour la sélection indirecte. Par contre, des corrélations relativement faibles et hautement significatives avaient été observées entre le nombre de fleurs par plante (n_{fleur}) et la largeur de la foliole (20%), entre la longueur du pétiole (lng.pet) et le rendement (21%). Plus les folioles et feuilles sont larges, plus la réalisation de l'activité photosynthétique serait favorable au sein de la plante. Les plantes ayant le port dressé n'auraient peut-être pas de long pétiole contrairement à celles ayant un port semi-dressé qui aurait de long pétiole et de nombreuses branches ce qui favoriserait le bon développement du système floral à la base, conséquence d'un bon rendement.

Selon Bonny & Djè (2011) les coefficients de corrélations sont des outils primordiaux pour tout sélectionneur dans le choix des caractères à prendre en considération pour des programmes

d'amélioration. Les fortes significativités observées pour le poids de 100 graines et la date de floraison sont différentes de ceux obtenus par (Adu-Gyamfi et al., 2012; Bayorbor et al., 2010) mais similaire de ceux de (Assogba et al., 2015). La différence et la similarité obtenue de part et d'autres pourrait s'expliquer par les conditions climatiques et peut-être aussi due à un facteur génétique d'autant plus que les études n'ont pas porté sur les mêmes accessions et les mêmes environnements. Notre étude a montré que l'accession la plus productive a donné un rendement moyen de 5206 kg/ha. Ce rendement moyen obtenu est différent de ceux obtenus par Kouèlo et al. (2012) (967 kg/ha); Assogba et al. (2015) (1588,46 kg/ha). Cette dissemblance de résultats pourrait s'expliquer par la fertilité qu'a le site d'étude puisque qu'il est un site qui était mis en jachère donc les matières organiques ont eu le temps de se décomposer et de rendre fertile le sol conséquence du rendement obtenu. Assogba et al. (2015) ont révélé dans leur étude que le nombre de jours à 50% de maturité n'était pas significatif contrairement au résultat de ce présent travail. De même, ils ont montré que le poids de 100 graines était significatif. La dissemblance et la ressemblance de résultats obtenus pourraient s'expliquer par le fait que les études n'ont pas porté sur les mêmes accessions et les mêmes environnements.

Les résultats de la classification hiérarchique ascendante ont révélé des accessions performantes Gta3, Bin, Dkp, Fol, Dog, Kem, Oua, Tow1. Ces accessions élites peuvent être utilisées comme des géniteurs ou des lignées parentales dans des programmes d'amélioration variétale.

Chapitre V : Conclusion

L'évaluation de la variabilité agro-morphologique de la collection a révélé une importante diversité. Les 34 descripteurs utilisés ont permis de révéler une diversité génétique entre les 81

accessions qui constituent la collection. Cette variabilité sur la base des caractères quantitatifs est structurée en 3 groupes de diversité qui sont respectivement caractérisés par des accessions tardives avec un rendement faible, des individus ayant un rendement intermédiaire avec un bon développement végétatif et enfin des accessions très performantes en termes de rendement. La variabilité obtenue pourrait être un outil ou un acquis pour la caractérisation des accessions de la lentille de terre. La conduite de toute autre étude incluant un nombre supérieur d'accessions et de provenances au-delà des deux qui ont fait l'objet de cette étude pourrait révéler plus de variabilité. La reprise de l'expérimentation dans d'autres localités permettra de valider les résultats préliminaires. Une étude de caractérisation moléculaire s'avère aussi importante afin de confirmer ou d'infirmer la variation observées et faire toute la lumière sur les potentiels génétiques que les accessions possèdent.

Références bibliographiques :

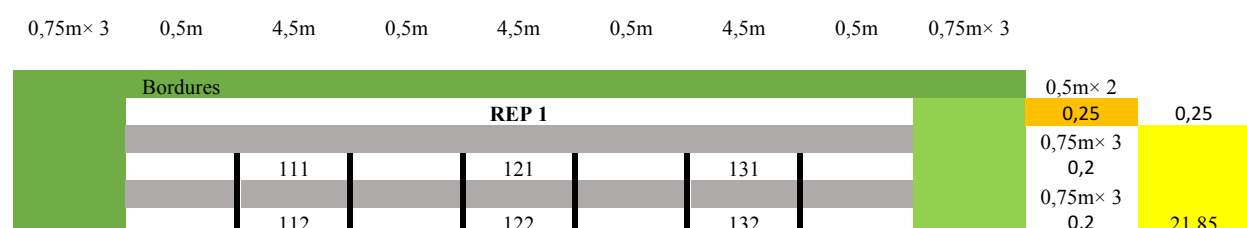
Abiola, V., Oyetayo, O., 2015. Proximate and Anti-nutrient Contents of Kersting's Groundnut (*Macrotyloma geocarpum*) Subjected to Different Fermentation Methods. Br. Microbiol. Res. J. 10 1-10.

- Achigan Dako, E.G., Vodouhè, S.R., 2006. *Macrotyloma geocarpum* (Harms) Maréchal & Baudet. *Plant Resour. Trop. Afr. 1 Cereals Pulses Backhuys Publ. CTA PROTA* 111–114.
- Adazebra, G.A., 2013. Yield, Quality and Nodulation Studies of Kersting's Groundnut [*Macrotyloma geocarpum*, (Harms) Merachal and Baudet] in the Coastal Savannah Agro- Ecological Zone of Ghana (Master of philosophy). University of Ghana.
- Adu-Gyamfi, R., Dzomeku, I., Lardi, J., 2012. Evaluation of growth and yield potential of genotypes of kersting's groundnut (*macrotyloma geocarpum harms*) in Northern Ghana. *Int. Res. J. Agric. Sci. Soil Sci.* 2, 509–515.
- Adu-Gyamfi, R., Fearon, J., Bayorbor, T.B., Dzomeku, I.K., Avornyo, V.K., 2011. The Status of Kersting's Groundnut (*Macrotyloma Geocarpum* [Harms] Marechal and Baudet): An Underexploited Legume in Northern Ghana. *Outlook Agric.* 40, 259–262. <https://doi.org/10.5367/oa.2011.0050>
- Afrique Conseil, 2006. Monographie de la commune de Djidja.
- Akohoué, F., Sibiya, J., Achigan-Dako, 2018. On-farm practices, mapping, and uses of genetic resources of Kersting's groundnut [*Macrotyloma geocarpum* (Harms) Mare 'chal et Baudet] across ecological zones in Benin and Togo. *Res. Artic.* 20.
- Alleidi, I., Hamidou, F., Inoussa, M.M., Bakasso, Y., Zongo, J.D., 2016. Characterisation Agro-Morphologique Des Accessions D'arachide (*Arachis Hypogaea* L.) Pour La Teneur En Huile. *Eur. Sci. J.* 1857 – 7881.
- Amujoyegbe, B.J., Obisesan, I.O., Ajayi, A.O., Aderanti, F.A., 2007. Disappearance of Kersting's groundnut (*Macrotyloma geocarpum* (Harms) Marechal and Baudet) in south-western Nigeria: an indicator of genetic erosion. *Plant Genet. Resour. Newsl.* 45–50.
- Aremu, M.O., Osinfade, B.G., Basu, S.K., Ablaku, B.E., 2011. Development and Nutritional Quality Evaluation of Kersting's Groundnut-Ogi for African Weaning Diet. *Res. Artic.* 1021–1033.
- Assogba, P., Ewedje, E.-E.B.K., Dansi, A., Loko, Y.L., Adjatin, A., Dansi, M., Sanni, A., 2015. Indigenous knowledge and agro-morphological evaluation of the minor crop Kersting's groundnut (*Macrotyloma geocarpum* (Harms) Maréchal et Baudet) cultivars of Benin. *Genet. Resour. Crop Evol.* 63, 513–529. <https://doi.org/10.1007/s10722-015-0268-9>
- Ayenan, M.A.T., Ezin, V.A., 2016. Potential of Kersting's groundnut [*Macrotyloma geocarpum* (Harms) Maréchal & Baudet] and prospects for its promotion. *Agric. Food Secur.* 5, 10. <https://doi.org/10.1186/s40066-016-0058-4>

- Badii, K.B., Asante, S.K., Bayorbor, T.B., 2011. Susceptibility of some Kersting's groundnut landrace cultivars to infestation by *Callosobruchus maculatus* (Fab.) (Coleoptera: Bruchidae). *J. Sci. Technol.* 31 11–20.
- Bayorbor, T., Dzomeku, I., Avorny, V., Opoku-Agyeman, M., 2010. Morphological variation in Kersting's groundnut (*Kerstingiella geocarpa* Harms) landraces from northern Ghana. *Agric. Biol. J. N. Am.* 1, 290–295. <https://doi.org/10.5251/abjna.2010.1.3.290.295>
- Blumenthal, M., Staples, I.B., 1993. Origin, evaluation and use of *Macrotyloma* as forage—a review. *Trop. Grassl.* 16–29.
- Bonny, S.B., Djè, Y., 2011. Variabilité morphologique et agronomique des variétés traditionnelles de voandzou [*Vigna subterranea* (L.) verdc. (fabaceae)] de Cote d'Ivoire. *J. Appl. Biosci.* 41 2820–2835.
- Chevalier, A., 1910. Nouveaux document sur le *Voandzeia poissonii* ou *Kerstingiella geocarpa*. *CR Acad Sci.*
- Dansi, A., Vodouhè, R., Azokpota, P., Yedomonhan, H., Assogba, P., Adjatin, A., Loko, Y.L., Dossou-Aminon, I., Akpagana, K., 2012. Diversity of the Neglected and Underutilized Crop Species of Importance in Benin. *Sci. World J.* 2012, 1–19. <https://doi.org/10.1100/2012/932947>
- Hepper, F.N., 1963. Plants of the 1957-78 West African Expedition: II. The Bambara Groundnut (*Voandzeia subterranea*) and Kersting's Groundnut (*Kerstingiella geocarpa*) Wild in West Africa. *Kew Bull.* 16 395–407.
- IBPGR, ICRISAT, 1981. DESCRIPTORS for PIGEONPEA. Int. BOARD PLANT Genet. Resour. CROPS Res. Inst. SEMI-ARID Trop. 19.
- Idi garba, N.M., Bakasso, Y., Zaman-allah, M., Atta, S., Mamane, M.I., Adamou, M., Hamidou, F., Idi, S.S., Mahamane, A., Saadou, M., 2015. Evaluation of agro-morphological diversity of groundnut (*Arachis hypogaea* L.) in Niger. *Afr. J. Agric. Res.* 334–344.
- IPGRI, IITA, BAMNET, 2000. Descripteurs du pois bambara (*Vigna subterranea*). Inst. Int. Ressour. Phytogénétiques Rome Ital. Inst. Int. D'Agriculture Trop. Ib. Niger. Réseau Int. Pois Bambara Allem.
- Kouelo Alladassi, F., Badou, A., Hounngandan, P., Francisco, M.M., Gnimassoun, C.J.-B., Sochime, D., Jacob, 2012. Impact du travail du sol et de la fertilisation minérale sur la productivité de *Macrotyloma geocarpum* (Harms) Maréchal & Baudet au centre du Bénin. *J. Appl. Biosci.* 51 3625– 3632 10.
- MAEP, 2014. Rapport de Performance du Secteur Agricole, Gestion 2013. MAEP.

- Maréchal, R., Baudet, J.C., 1977. Transfert du genre africain *Kerstingiella* Harms à *Macrotyloma* (Wight & Arn.) Verdc. (Papilionaceae). Bull. Jard. Bot. Natl. Belg. 49–52.
- MERGEAI, G., 1993. Influence des facteurs sociologiques sur la conservation des ressources phytogénétiques Le cas de la lentille de terre (*Macrotyloma geocarpum* (Harms) MARECHAL & Baudet au Togo. Bull Rech Agron Gembloux 487–560.
- Miège, J., 1954. Nombres chromosomiques et répartition géographique de quelques plantes tropicales et équatoriales. Rev. Cytol. Biol. Végétales 15 312–348.
- Ndiang, Z., Bell, J.M., Missoup, A.D., Fokam, P.E., Amougou, A., 2012. Étude de la variabilité morphologique de quelques variétés de voandzou [*Vigna subterranea* (L.) Verdc] au Cameroun. Journ Al Appl. Biosci. 60 4410 – 4420.
- Okigbo, B.N., 1992. Plant Conservation in Africa. IITA Ib. 25.
- Pasquet, R.S., Mergeai, G., Baudoin, J.-P., 2002. Genetic diversity of the African geocarpic legume Kersting's groundnut, *Macrotyloma geocarpum* (Tribe Phaseoleae: Fabaceae). Biochem. Syst. Ecol. 30 943–952.
- Portère, S.R., 1950. Vieilles agricultures de l'Afrique intertropicale. Agron Trop 5.
- Shannon, C.E., Weaver, W., 1949. The mathematical theory of communication 3–24.
- Tamini, Z., 1995. Étude ethnobotanique de la Lentille de Terre (*Macrotyloma geocarpum* Maréchal & Baudet) au Burkina Faso. J. Agric. Tradit. Bot. Appliquée 187–199.
- Tisserant, C., 1953. L'agriculture dans les savanes de l'Oubangui. Bull. Inst. Études Centrafr. Brazzaville.
- Touré, Y., Koné, M., Silué, S., Kouadio, Y.J., 2013. Prospection, collecte et caractérisation agromorphologique des morphotypes de voandzou [*vigna subterranea* (l.) verdc. (fabaceae)] de la zone savanicole en cote d'ivoire 18.

Annexe 1 : schéma du dispositif expérimental.



	113		123		133		0,75m× 3 0,2	
	114		124		134		0,75m× 3 0,2	
	115		125		135		0,75m× 3 0,2	
	116		126		136		0,75m× 3 0,2	
	117		127		137		0,75m× 3 0,2	
	118		128		138		0,75m× 3 0,2	
	119		129		139		0,75m× 3 0,2	
							0,75m× 3 0,3m	
								0,3m
	141		151		161		0,75m× 3 0,2	
	142		152		162		0,75m× 3 0,2	
	143		153		163		0,75m× 3 0,2	
	144		154		164		0,75m× 3 0,2	
	145		155		165		0,75m× 3 0,2	
	146		156		166		0,75m× 3 0,2	
	147		157		167		0,75m× 3 0,2	
	148		158		168		0,75m× 3 0,2	
	149		159		169		0,75m× 3 0,2	
							0,75m× 3 0,3m	
								0,3m
	171		181		191		0,75m× 3 0,2	
	172		182		192		0,75m× 3 0,2	
	173		183		193		0,75m× 3 0,2	
	174		184		194		0,75m× 3 0,2	
	175		185		195		0,75m× 3 0,2	
	176		186		196		0,75m× 3 0,2	
	177		187		197		0,75m× 3 0,2	
	178		188		198		0,75m× 3 0,2	
	179		189		199		0,75m× 3 0,2	
							0,75m× 3 0,3m	
								0,3m
	211		221		231		0,75m× 3 0,2	
	212		222		232		0,75m× 3 0,2	
	213		223		233		0,75m× 3 0,2	
	214		224		234		0,75m× 3 0,2	

	215		225		235		0,75m× 3 0,2		
	216		226		236		0,75m× 3 0,2		
	217		227		237		0,75m× 3 0,2		
	218		228		238		0,75m× 3 0,2		
	219		229		239		0,75m× 3 0,2		
							0,75m× 3 0,2		
							0,3m	0,3m	
	241		251		261		0,75m× 3 0,2		
	242		252		262		0,75m× 3 0,2		
	243		253		263		0,75m× 3 0,2		
	244		254		264		0,75m× 3 0,2		
	245		255		265		0,75m× 3 0,2		
	246		256		266		0,75m× 3 0,2		
	247		257		267		0,75m× 3 0,2		
	248		258		268		0,75m× 3 0,2		
	249		259		269		0,75m× 3 0,2		
							0,75m× 3 0,2		
							0,3m		21,85
							0,3m	0,3m	
	271		281		291		0,75m× 3 0,2		
	272		282		292		0,75m× 3 0,2		
	273		283		293		0,75m× 3 0,2		
	274		284		294		0,75m× 3 0,2		
	275		285		295		0,75m× 3 0,2		
	276		286		296		0,75m× 3 0,2		
	277		287		297		0,75m× 3 0,2		
	278		288		298		0,75m× 3 0,2		
	279		289		299		0,75m× 3 0,2		
							0,75m× 3 0,2		
							0,3m		21,85
	REP 3							0,3m	0,3m
	311		321		331		0,75m× 3 0,2		
	312		322		332		0,75m× 3 0,2		
	313		323		333		0,75m× 3 0,2		
	314		324		334		0,75m× 3 0,2		
	315		325		335		0,75m× 3 0,2		
	316		326		336		0,75m× 3 0,2		

							0,75m× 3	
		317		327		337	0,2	
		318		328		338	0,75m× 3	
							0,2	
		319		329		339	0,75m× 3	
							0,2	
							0,75m× 3	
							0,3m	
								0,3m
							0,75m× 3	
		341		351		361	0,2	
		342		352		362	0,75m× 3	
							0,2	
		343		353		363	0,75m× 3	
							0,2	
		344		354		364	0,75m× 3	
							0,2	
		345		355		365	0,75m× 3	
							0,2	
		346		356		366	0,75m× 3	
							0,2	
		347		257		367	0,75m× 3	
							0,2	
		348		358		368	0,75m× 3	
							0,2	
		349		359		369	0,75m× 3	
							0,2	
							0,75m× 3	21,85
							0,3m	
								0,3m
							0,75m× 3	
		371		381		391	0,2	
		372		382		392	0,75m× 3	
							0,2	
		373		383		393	0,75m× 3	
							0,2	
		374		384		394	0,75m× 3	
							0,2	
		375		385		395	0,75m× 3	
							0,2	
		376		386		396	0,75m× 3	
							0,2	
		377		387		397	0,75m× 3	
							0,2	
		378		388		398	0,75m× 3	
							0,2	
		379		389		399	0,75m× 3	
							0,2	
							0,75m× 3	21,85
							0,3m	
								0,3m

Annexe 2 : Caractéristique de chaque accession pour les variables quantitatives.

	tgerm	njrs.50	nfeuill	nfleu	ngse.vid	nbranch	njrs.50fls	njrs.50mt	ps.gr	nplt.ma	nplt.re	lng.g	lrg.g	epsr.g	lng.fo	lrg.fo	lng.pe	lng.gs	lrg.gs	ngr.gs	yield	
	G	e	r	ngse	e	e	n	r	s	l	g	r	r	r	l	lrg.fol	t	e	e	e	yield	
Adc	57.3	10	59.7	17.2	117.9	21.9	9.0	49	102	11.7	4.3	1.6	8.3	5.7	4.5	68.6	50.6	157.4	12.4	7.9	1.2	2856.2
Add	56.5	10.3	89.0	17.9	79.0	16.3	13.3	48.3	102	12.3	4.6	2.3	8.2	5.6	4.2	64.5	48.5	153.2	13.1	7.8	1.4	2272.1
Adj	31.0	16	67.4	14.1	52.9	16.5	10.0	49.3	102	11.9	5.3	0.6	7.8	5.4	4.2	63.7	47.3	140.3	11.6	7.6	1.2	1266.8
Agb	26.3	12.6	61.9	10.5	95.2	16.1	9	50.6	102	12.4	2.3	0.3	7.7	5.3	3.8	64.8	49.1	134.9	12	7.8	1.2	2464.9
Agc	60.4	13	68.3	15.4	92.8	22.1	9.2	49.6	102	12.3	6.6	2	8.2	5.5	4.2	64.1	48.2	137.9	11.8	7.3	1.3	2293.5
Agn1	51.9	11	73.5	15.5	106.1	12.5	10.3	49.6	102	11,6	2.6	1.6	8.1	5.7	4.3	68.2	51.3	153.8	12.0	7.6	1.2	2694.4
Agn2	26.3	16	64.6	11.8	119.3	19.6	10.0	49.6	102	12.6	2	1	8.1	5.7	4.2	62.5	47.0	130.4	12.5	7.7	1.3	3333.1
Akl1	26.3	13	61.8	12.8	50.3	10.4	10.0	53	102	11.7	3.6	1	8.1	5.6	4.2	62.0	46.5	118.0	10.7	7.6	1.1	
Akl2	51.9	16	51.8	9.8	95.2	15.5	8.3	48.6	102	11.7	9.3	2	8.0	5.3	4.0	62.1	45.4	130.5	12.1	7.5	1.3	1992.1
Ako	34.1	15.3	90.4	13.1	100.8	18.1	12.0	51	102	12.8	3.6	1	8.1	5.6	4.3	67.4	50.5	141.2	12.9	8.2	1.3	2766.5
Ali1	37.9	15.3	87.5	16.6	117.2	34.2	14.1	47.6	102	11.8	2.3	1.6	8.0	5.4	3.9	65.4	48.7	140.2	12.0	7.5	1.2	3007.9
Aso	55.8	13	65.1	17.3	114.3	17.3	10.7	48	102	12.6	7.6	1.6	8.1	5.6	4.2	67.0	50.5	154.4	11.9	7.8	1.2	2794.3
Atc	31.7	16	45.9	12.5	67.7	16.4	7.0	50	102	11.2	3.3	1.6	7.7	5.4	3.9	64.2	48.7	125.8	11.4	7.9	1.1	1456.0
Ats	24.0	13	56.7	10.0	88.6	11.7	8.4	48.3	102	11.6	1	0	8.0	5.5	4,1	66.4	49.1	137.1	10.9	7.6	1.1	1888.5
Bin	39.5	16	70.2	17.7	99.5	23.8	12.7	49	102	13.5	2.6	2.6	8.0	5.7	4.2	64.9	49.5	134.6	13.2	7.9	1.4	2997.2
Bod	55.0	12.6	70.3	16.3	76.3	10.4	11.7	49	102	12.2	2	1.6	7.9	5.7	4.2	62.8	47.0	137.5	12.4	7.9	1.3	1971.4
BUR10	68.2	13.3	59.3	27.4	109.5	11.7	9.1	46	102	14.4	12.6	3.3	8.0	5.5	4.4	67.6	45.3	168.5	11.3	6.2	1.3	3515.1
BUR12	51.9	13.6	49.3	21.7	63.2	18.5	4.1	46	104	13.8	10.3	3.3	8.3	5.5	4.2	65.2	43.5	160.7	10.7	6.8	1.21	1749.1
BUR13	61.2	9.3	58.5	28.2	74.7	21.6	9.4	46.3	102.3	13.8	7.6	3.3	8.5	5.7	4.4	64.5	42.3	168.1	12.6	7.4	1.2	2264.2
BUR14	37.2	10	47.3	22.6	132.6	21.8	6.0	46	102	16.7	3.6	0.6	8.7	5.9	4.7	66.1	46.9	142.5	14.4	7.9	1.4	5206.7
BUR15	78.2	12	58.6	26.8	79.8	13.7	6.6	46	102	14.4	18	5.3	8.5	5.7	4.4	69.8	47.5	154	13.9	7.7	1.3	2627.3
BUR16	57.3	11.6	53.1	23.6	83.5	16.3	5.2	47.3	102	15.1	4.6	4.6	9.2	6.0	4.1	72.8	50.1	161.3	15.4	7.8	1.5	3095.7
BUR18	56.5	14.3	40	19.3	118.5	21	5.2	46.67	102	16.2	1.3	0.3	9.2	6.0	4.1	71.3	48.5	158.5	14.0	7.7	1.3	4288.1
BUR3	48.8	16	54.9	27.6	89.0	8.9	8.0	47.3	102.3	15.2	9.3	1.6	8.4	5.8	4.5	66.7	43.0	154.5	14.0	8.0	1.3	3016.5
BUR7	73.6	8	72.1	33.6	110.4	27.2	7.1	46	102	15.4	10	3	8.3	5.7	4.5	72.2	45.4	163.9	14.8	7.8	1.5	4120.5
BUR8	53.4	13.3	61.8	17.6	126.2	18	5.7	47.3	102	15.4	8	1.6	9.2	6.2	4.0	68.1	47.6	162.5	15.7	8.03	1.5	4876.1
BUR9	46.5	12.3	51.4	25.9	81.0	13.8	5.6	46	102	14.3	6.3	2	9.1	6.0	3.9	68.9	48.3	162.3	13.07	7.8	1.2	2445
Dgo	30.2	15	68.8	10.2	58.5	15.0	10.7	51	102	12.9	2.3	1.3	8.3	5.7	4.2	65.4	48.9	137.1	10.0	6.6	1.2	1497.0
Dkp	44.9	14	56.6	14.3	116.3	31.9	8.4	50.6	102	13.2	4	2.6	7.9	5.5	4.3	65.6	49.0	131.5	12.5	7.9	1.2	3143.1
Dog	72.0	13	80.2	16.7	67.6	12.3	9.4	48.3	102	12.5	2.6	0	8.0	5.6	4.3	67.2	50.7	151.5	13.3	7.9	1.4	2101.4
Dov	47.2	14.6	68.1	16.7	111.2	18.8	9.7	49.3	102	11.8	4.3	1	7.7	5.5	4.3	63.3	47.7	133.4	10.2	7.5	1.0	2232.7
Dra	39.5	16	73.3	10.5	107.2	17.9	10.3	50	102	12.9	4	1	8.1	5.7	4.3	67.2	51.3	134.4	11.1	7.3	1.2	2535.8
ENA1	52.7	13.6	70.9	13.1	90.8	17.7	11.6	51.3	102	12.6	3.6	1.6	8.1	5.6	4.3	67.4	50.5	147.1	12.5	7.8	1.3	2519.4
ENA2	52.7	14.6	68	12.4	88.6	15.0	10.3	50.6	102	13.2	3.6	2	8.2	5.7	4.3	63.6	47.9	138.5	12.9	8.0	1.35	2531.5

Fol	68.2	9.6	75.1	15.3	87.2	20.5	11.9	47.6	102	13.2	10.6	2.3	8.4	5.8	4.3	67.5	51.3	152.0	11.6	8.0	1.1	2207.6
Gbn1	48.0	13	69.7	10.2	85.6	26.6	12.4	50	102	11.3	1.67	0	8.0	5.5	4.2	61.9	46.3	128.3	11.1	7.6	1.1	1836.1
Gbn2	37.2	12.6	61.1	14.5	55.1	8.9	7.4	51	102	12.4	3	0.6	7.9	5.5	4.3	63.6	47.9	139.9	12.1	8.1	1.2	1359.9
Gbo1	42.6	11	64.4	15.6	80.2	21.4	10.9	50.3	102	11.9	1.3	3	8.2	5.73	4.3	63.6	47.5	135.5	11.6	7.6	1.2	1880.9
Gbo2	48.0	11	78.4	12.0	72.7	9.0	12.1	49.3	102	12.9	3.3	2.6	8.0	5.6	4.2	67.2	49.6	145.6	9.3	6.53	1.1	1732.5
Gbo3	43.4	12	75.3	21.5	72.9	9.6	12.8	48.6	102	13.2	7	3.6	8.0	5.6	4.2	65.5	49.4	141.5	12.2	7.7	1.3	1966.4
Gbo4	37.9	16	62.8	28.5	115.9	31.5	8.4	46	102	15.1	5.3	1.6	9.1	6.0	4.3	68.2	44.9	140.4	13.8	7.9	1.3	3917.8
Gbo5	55.0	11.6	79.9	13.0	90.2	13.5	11.0	48.6	102	12.7	3	1	8.2	5.6	4.2	62.5	46.9	129.7	12.7	7.9	1.3	2322.3
Gta1	48.8	14	66.7	15.3	94.4	14.2	8.7	51	102	12.3	5.3	1.6	7.8	5.5	4.2	70.4	52.2	146.4	11.7	7.6	1.2	2335.27
Gta3	50.3	14.3	65.2	20.5	125.6	13.4	9.4	48.3	102	11.8	5.3	1.3	8.0	5.7	4.3	65.7	49.7	146.0	13.0	7.7	1.4	3255.4
Hay1	22.4	12	68.8	20.0	143.2	24.3	10.2	49	102	11.9	1	1	7.9	5.3	4.0	63.5	47.3	124.5	12.6	7.4	1.3	3828.6
Hay2	22.4	13.6	76.7	15	95.0	7.5	10.9	49.3	102	11.6	1.6	0.3	7.7	5.4	4.1	68.0	50.6	141.2	9.5	6.2	1.3	2282.6
Hhg	53.4	12.3	62.2	17.3	90.3	14.7	7.7	48	102	12.2	6.3	2	8.0	5.6	4.3	67.9	50.6	150.4	12.0	7.6	1.2	2277.0
Hou	50.3	12	75.2	15.0	135.5	39	10.0	47.6	102	12.4	5.6	1.3	8.0	5.5	4.1	66.1	49.4	144.6	12.4	7.9	1.2	3443.1
Itk	23.2	13	38.1	10.1	65.6	19.8	6.3	50.3	102	12.1	0.6	0	7.6	5.3	4.2	60.5	45.7	110.4	12.4	7.6	1.3	1702.3
Itk1	37.2	14.3	75.1	9.0	76.4	12.4	11.1	49.6	102	12.1	2.3	0	7.9	5.5	4.1	62.7	49.1	129.7	12.6	7.7	1.3	1990.3
Itk2	30.2	13	58.2	16.7	52.3	10.1	13.4	48.3	102	12.9	3	0.3	8.1	5.6	4.3	62.1	46.8	124.6	12.7	7.7	1.34	2306.6
Kah1	40.3	11.3	59.2	15.9	70.6	17.4	9.0	49.6	102	12.0	1.3	0	8.2	5.7	4.1	65.2	48.6	127.4	12.5	7.8	1.3	1759.7
Kah2	20.9	16	71.0	11.5	86.1	27.1	12.5	49.3	102	11.5	4.6	0.6	7.7	5.4	4.1	65.9	50.3	133.8	12.3	7.7	1.3	1868.8
Kem	44.1	13	66.7	17.3	64.6	15.4	9.6	49.6	102	12.4	1.3	0	8.0	5.6	4.1	65.0	50.2	147.8	12.7	8.0	1.3	1951.1
Kin	40.3	13	48.7	14.9	62.3	14.6	7.4	49	102	13.6	3.3	3	8.1	5.6	4.3	63.5	46.1	129.9	11.4	8.0	1.1	2095.9
Kno1	53.4	10.6	57.5	10.7	86.9	26.1	8.8	50	102	12.4	5.6	2	8.1	5.5	4.1	66.6	50.2	140.9	11.9	7.6	1.2	1997.6
Kno2	79.8	10.6	65.4	12.6	123.2	19.7	9.1	49.3	102	13.6	6.6	4	8.3	5.8	4.5	65.8	48.5	154.0	11.3	7.9	1.1	1569.9
Lal2	55.8	13.6	80.0	22.1	79.2	11.1	11.5	50	102	13.4	5.3	2.6	8.6	6.1	4.0	68.1	51.4	161.3	11.5	7.1	1.2	3667.2
Lal3	48.0	10.6	60.1	16.1	92.3	15.6	9.4	47.3	102	12.4	4	2.3	8.0	5.5	4.2	59.8	46.0	136.5	12.8	7.8	1.3	2207.8
Lam1	35.6	14.6	81.3	15.3	53.7	14.1	10.9	48	102	12.5	5.3	1.6	8.0	5.5	4.2	67.1	50.6	152.0	12.1	7.7	1.3	1813.6
LeAd1	50.3	13.6	63.2	15.5	55.9	11.2	9.2	48.3	102	13.4	5.6	2	8.0	5.6	4.2	66.2	50.0	144.5	12.5	7.7	1.3	1613.2
LeAd2	72.0	14	71.4	22.1	73.1	18.8	8.07	49.6	102	13.8	6	3.3	8.5	6.0	3.8	68.1	53.2	162.9	12.4	7.9	1.2	1798.1
Lgz	31.7	14.6	58.2	15.4	62.9	23.0	10.1	49.6	102	11.6	4.6	1	7.9	5.4	4.3	61.5	44.8	124.3	12.3	7.5	1.3	1323.0
MLK	32.5	13.6	64.9	13.3	66.3	14.8	8.1	49.3	102	12.5	2.6	0.3	8.2	5.7	4.3	65.3	49.5	136.4	11.0	7.3	1.1	1614.2
Odm1	77.5	10.6	73.3	16.4	75.5	12.0	11.6	48	102	13.8	9	2.6	8.5	5.8	4.4	68.2	50.4	165	11.9	8.0	1.1	2133.8
Odm2	40.3	9.3	65.7	12.5	74.1	13.5	9.6	49.3	102	13.8	5	3.3	8.4	5.7	4.4	67.3	49.9	144.4	12.4	7.9	1.2	2359.5
Oua	55.8	11.3	57.1	12.2	117.4	21.9	7.7	48.3	102	13.2	5.3	2.3	8.2	5.7	4.3	66.8	50.7	145.9	12.3	7.9	1.2	3301.7
Sag1	53.4	10	70.2	13	76.9	13.1	10.3	48	102	12.2	3	2.3	8.1	5.7	4.4	63.8	48.7	140.7	12.4	7.7	1.3	1395.4
Sag2	24.0	16	55.8	12.0	78.0	13.3	7.6	49.3	102	13.5	0.6	0.3	8.2	5.6	4.2	64.3	48.7	133.7	11.3	7.8	1.1	2572.7
Sem1	34.1	16	59.1	9.5	79.2	14.8	8.3	50.3	102	11.5	2.3	0.3	8.1	5.5	4.2	63.9	47.9	136.9	11.3	7.3	1.2	890.4
Sem2	24.0	10.6	80.5	16.6	104.2	16.5	9.8	48.6	102	13.0	3.6	1	8	5.5	4.2	63.2	49.3	132.3	10.8	7.5	1.1	3448.0
Soh	36.4	14.6	54.2	15.6	96.0	11.8	8.6	48.3	102	11.8	2	0.6	7.9	5.4	4.1	67.2	50.0	140.1	12.2	7.7	1.3	2300.8
TON	27.9	13.6	49.9	14.4	98.6	20.8	6.3	48	102	11.0	2.6	2	8.0	5.4	4.1	63.4	47.4	132.1	11.2	7.9	1.1	1330.4
Tos	42.6	13	74.7	23.2	74.5	10.2	10.1	50.3	102	13.6	4	3.6	8.2	5.7	4.3	63.8	48.1	132.9	12.3	7.7	1.2	2776.0

Tow1	44.9	11	62	14.3	61.8	22.5	8.5	48.3	102	13.4	1.6	1.3	8.2	5.7	4.3	63.9	47.7	144.5	14.3	8.1	1.5	2081.6
Viv	49.6	14	60.0	13.1	141.3	22.1	8.7	50.3	102	13.4	7.6	3.3	8.4	5.8	4.4	64.5	48.0	139.1	12.4	8.1	1.2	2487.7
Zhla1	66.6	11.3	94.3	9.0	119.9	23.6	15.2	48.6	102	12.2	4.6	3.3	8.1	5.6	4.2	67.0	50.5	153.8	12.9	7.8	1.3	4506.9
Zhla2	51.1	16	63.8	29.9	89.0	16.6	7.4	48.3	102	13.6	4.3	2.6	8.6	6.2	3.9	69.6	53.0	175.8	14.7	8.3	1.4	2933.0
Zhla3	63.5	9.6	81.4	16.9	72.8	19	12.4	48.6	102	11.7	5.6	3.3	8.3	5.7	4.2	66.3	50.0	153.5	13.4	8.0	1.4	2128.9
Zke	51.9	13.6	82.2	17.1	124.9	17.4	10.5	48.3	102	12.6	7.3	3	8.2	5.7	4.3	66.4	50.8	150.6	10.7	7.8	1.0	1625.6
Zku	47.2	13.3	62.1	16.7	131.3	24.9	8.0	48	102	13.4	2.6	1.3	8.4	5.9	4.1	66.3	49.4	149.0	12.6	7.9	1.2	4724.4
Mean	46,37	13	65,7	16,4	90,3	17,6	9,5	48,8	102	12,9	4,6	1,3	8,2	5,6	4,2	65,7	48,6	143,3	12,3	7,7	1,2	2466,8
SE	1,6	0,2	1,2	0,5	2,6	0,6	0,2	0,1	0	0,1	0,3	1,3	0	0	0	0,2	0,2	1,4	0,1	0	0	99,6
CV	31	15,3	16,9	32,2	25,9	34,7	22,8	2,9	0,2	8,9	63,8	1,3	4,1	3,5	3,6	3,8	4,4	8,8	9,6	5	7,7	36,3
LSD(0,05)	131.0	3.7	125.6	14.4	521.1	37.3	4.4	1.2	0.0	0.5	5.8	1.3	0.0	0.0	0.0	3.7	4.6	65.6	0.9	0.1	0.0	611407.5