

BURKINA FASO

.....

Unité-Progrès-Justice

.....

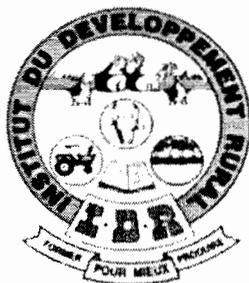
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR, DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE ET DE L'INNOVATION

.....

UNIVERSITE POLYTECHNIQUE DE BOBO-DIOULASSO

.....

INSTITUT DU DEVELOPPEMENT RURAL



MEMOIRE DE FIN DE CYCLE

*Présenté en vue de l'obtention du*

Diplôme d'Ingénieur du Développement Rural : Option Eaux et Forêts

Thème :

**Etude des caractéristiques morphologiques des graines et des  
paramètres de croissance de *Prosopis africana* (Guill. & Perr.)**

**Taub. en pépinière de vingt provenances de trois pays  
sahéliens Ouest Africains.**

**Présenté par : KAFANDO Windlassida Abdoul Cader Ben Ibrahim**

**Directeur de Mémoire : Dr Sobère Augustin TRAORE**

**Maitre de stage : Dr Moussa OUEDRAOGO**

N°:.....-2016/Eaux et Forêts

Mars 2016

## Table des matières

|   |      |
|---|------|
| DEDICACE .....  | III  |
| REMERCIEMENTS .....   | IV   |
| LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS.....   | VI   |
| LISTE DES TABLEAUX.....   | VII  |
| LISTE DES FIGURES.....  | VIII |
| ABSTRACT.....   | IX   |
| RESUME .....  | X    |
| INTRODUCTION .....  | 1    |
| I. GENERALITES SUR <i>PROSOPIS AFRICANA</i> (GUILL. & PERR.) TAUB. ....   | 5    |
| I.1 DESCRIPTION DE L'ESPECE.....  | 5    |
| I.2. MORPHOLOGIE ET CARACTERISTIQUES BOTANIQUES .....   | 6    |
| I.3. ECOLOGIE-DISTRIBUTION DE L'ESPECE.....   | 8    |
| I.4. UTILISATIONS DE L'ESPECE.....  | 8    |
| II-MATERIEL ET METHODES .....   | 11   |
| II.1 MATERIEL VEGETAL.....  | 11   |
| II.2 MATERIEL TECHNIQUE .....   | 13   |
| II.3 METHODE.....   | 13   |
| II. 4 TRAITEMENT ET ANALYSE DES DONNEES.....  | 17   |
| III. RESULTATS .....  | 18   |
| III. 1 CARACTERISTIQUES MORPHOLOGIQUES DES GRAINES DE <i>P. AFRICANA</i> DES PROVENANCES DE TROIS PAYS SAHÉLIENS OUEST AFRICAINS .....  | 18   |
| <i>III. 1. 1 Mise en évidence des différences entre les provenances</i> .....   | 18   |
| <i>III.1.2. Comparaison des provenances</i> .....   | 18   |
| <i>III.1.3. Lien existant entre les caractéristiques des graines de P. africana et les paramètres géographiques.</i> .....  | 20   |
| III. 2 CARACTERISTIQUE DU TAUX DE GERMINATION DES GRAINES DE <i>P. AFRICANA</i> DES PROVENANCES DE TROIS PAYS SAHÉLIENS OUEST AFRICAINS. ....   | 22   |
| <i>III. 2. 1 Mise en évidence des différences entre les provenances</i> .....   | 22   |
| <i>III.2.2. Comparaison des provenances</i> .....   | 23   |
| III. 3 CARACTERISTIQUE DE LA CROISSANCE DES PLANTULES DE <i>P. AFRICANA</i> DES PROVENANCES DE TROIS PAYS SAHÉLIENS OUEST AFRICAINS 103 JOURS APRES SEMIS POUR LES ESSAIS DE OUAGADOUGOU ET DE KAYA. .... | 25   |
| <i>III. 3. 1 Mise en évidence des différences entre les provenances pour chacun des deux essais</i> .....   | 25   |
| <i>III. 3. 2 Comparaison des provenances pour chacun des deux essais</i> .....  | 26   |

|   |    |
|---|----|
| III. 3. 3 Lien existant entre les caractéristiques des graines, les caractéristiques de la croissance et les paramètres géographique de <i>P. africana</i> .....    | 30 |
| III. 4 TAUX DE SURVIE DES PLANTULES DE <i>P. AFRICANA</i> DES PROVENANCES DE TROIS PAYS SAHÉLIENS DE L'AFRIQUE DE L'OUEST. ....                                     | 33 |
| III. 4. 1 Mise en évidence des différences entre les provenances.....   | 33 |
| III. 4. 2 Comparaison des provenances.....  | 33 |
| IV. DISCUSSION.....   | 36 |
| IV. 1 VARIABILITE MORPHOLOGIQUE DES GRAINES DE <i>P. AFRICANA</i> .....   | 36 |
| IV. 2 CARACTERISTIQUE DU TAUX DE GERMINATION DES GRAINES DE <i>P. AFRICANA</i> DES PROVENANCES DE TROIS PAYS SAHÉLIENS OUEST AFRICAINS. ....                        | 36 |
| IV. 3 CARACTERISTIQUES DE LA CROISSANCE DES PLANTULES DE <i>P. AFRICANA</i> DES PROVENANCES DE TROIS PAYS SAHÉLIENS OUEST AFRICAINS DE CHACUN DES DEUX ESSAIS. .... | 37 |
| IV. 4 TAUX DE SURVIE DES PLANTULES DE <i>P. AFRICANA</i> DE VINGT PROVENANCES DE L'AFRIQUE DE L'OUEST .....   | 39 |
| CONCLUSION ET PERSPECTIVES.....   | 40 |
| BIBLIOGRAPHIE.....  | 42 |
| ANNEXES.....  | A  |
| ANNEXE 1 : FICHE DE MENSURATION DES GRAINES DE <i>P. AFRICANA</i> .....   | A  |
| ANNEXE 2 : FICHE DE COLLECTE DES DONNEES DE CROISSANCE.....   | B  |
| ANNEXE 3 : TAUX MOYEN DE GERMINATION DE 20 PROVENANCES DE <i>P. AFRICANA</i> DE TROIS PAYS SAHÉLIENS OUEST AFRICAINS. ....  | C  |
| ANNEXE 4 : TAUX MOYEN DE SURVIE DE 20 PROVENANCES DE <i>P. AFRICANA</i> DE TROIS PAYS SAHÉLIENS OUEST AFRICAINS.....  | C  |

## Dédicace

A vous ! **Père et Mère**

Vous qui avez attendu dans la patience et  
Le sacrifice les fruits de votre bonne éducation  
De vous a germé et poussé une graine qui, grâce à vos  
Soins, soutiens et bénédictions a pu grandir. A présent, votre  
Enfant est un homme, soyez en convaincu qu'il vous fera  
Avec fierté devoir d'honneur et de reconnaissance.  
Je suis fier d'être votre fils ! Puisse Allah le  
Tout puissant vous garde longtemps  
Auprès de nous dans la Santé  
Et le bonheur !

A vous

**Frères et Sœur**, je souhaite  
Sans cesse et inconditionnellement  
Santé, réussite et beaucoup de bonheur.

A vous

Mlle Tockpandé Pauline

Je suis reconnaissant pour vos divers

Soutiens. Qu'Allah le tout puissant veille

Sur vous et récompense vos bienfaits.

## Remerciements

Selon un dialecte local, « un seul doigt ne ramasse pas la farine ». En effet, ce travail est le fruit de plusieurs efforts combinés. Par conséquent, nous sommes heureux de devoir adresser nos plus sincères remerciements à toutes et à tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué d'une manière ou d'une autre à la réalisation de ce présent mémoire. Qu'ils trouvent ici toute l'expression de notre reconnaissance.

Très sincèrement, nos remerciements vont particulièrement :

. Au **Dr Sobère A. TRAORE** notre Directeur de mémoire pour son expérience scientifique qu'il a bien voulu mettre à notre disposition à travers ses conseils, remarques et corrections pour améliorer la qualité du présent mémoire ;

. Au **Dr Sibidou SINA**, Directeur Général du Centre National de Semences Forestières (CNSF), pour nous avoir accueillis au sein de sa structure ; vos encouragements, votre proximité et votre courtoisie ont fortement contribué à notre formation ;

. Au **Dr Moussa OUEDRAOGO**, notre Maître de stage. Nous ne pouvons taire votre bienveillance, votre disponibilité, votre sens de la formation qui nous a permis de bénéficier d'un encadrement scientifique et professionnel dans la rigueur et surtout dans la bonne humeur en dépit de vos occupations ;

. Aux **Pr Thomas GEBUREK, Dr Karl GARTNER, Mme Christina BOUISSOU et Mr Cléophas ZERBO** pour leurs divers soutiens, conseils et encadrement durant le stage ;

. A **Monsieur David MILLOGO** ingénieur des eaux et forêts au CNSF pour ses divers soutiens, ses conseils et corrections qu'il a bien voulu toujours apporter au mémoire en dépit de ses occupations multiples ;

. Aux **Sieurs Ali BENE, Bassirou SOUGUE et Régis OUBIDA**, pour le temps qu'ils ont bien voulu nous consacrer pour renforcer nos capacités aux questions d'analyse de données ; nous ne pourrions occulter leurs conseils, leur bonne humeur et encadrement méthodique ;

. Au **Dr Souleymane SANOGO**, pour ses divers soutiens, ses conseils et corrections qu'il a bien voulu toujours apporter au mémoire en dépit de ses occupations multiples ;

. Aux **Sieurs Souleymane OUEDRAOGO, Wilfrid OUEDRAOGO ; Mouhamine SANE, Emmanuel NADZINGA et Madame Adissa ZONGO**, stagiaires au CNSF qui nous ont aidés dans la collecte de nos données ;

. Aux **Sieurs Mamadou SIDIBE, Sabati DIANE** au laboratoire du CNSF, pour les conseils et leur expérience qu'ils ont bien voulu partager avec nous ;

. A l'ensemble du personnel administratifs et des pépiniéristes du CNSF, pour les conseils et l'encadrement technique de nos travaux en pépinière ;

. A **Vincent TIAHOUN**, mon camarade stagiaire pour l'ambiance fraternelle et le partage d'idées entretenu tout au long du stage au CNSF ;

. A nos camarades de la 38<sup>e</sup> promotion pour l'ambiance cordiale et fraternelle entretenue durant notre cursus universitaire ; une mention spéciale est faite à l'endroit de **Messieurs Zanga OUATTARA et Alain TRAORE** pour leurs conseils et encouragements ;

. A **Monsieur Noufou SANOGO, sa Femme Madame Awa SANOGO et ses fils**, nous avons reçu auprès de vous durant notre séjour à Ouagadougou, l'amour et la chaleur d'une famille. Que Dieu le tout puissant vous garde longtemps à nos côtés ;

. A tout **le corps enseignant** de l'Institut du Développement Rural (IDR) pour la formation reçue ainsi que toutes les écoles qui ont contribué à notre instruction ;

. A tout (es) nos amis (es) et à tous ceux qui nous ont aidés de près ou de loin dont le nom n'a pas été cité ; nous leur témoignons nos vifs remerciements. A tous, nous ne saurons vous remercier en si peu de lignes.

## Liste des sigles et abréviations

|                    |   |
|--------------------|---|
| <b>ANOVA :</b>     | Analyse de la Variance.   |
| <b>BF</b>          | Burkina Faso.   |
| <b>CNSF :</b>      | Centre National de Semences Forestières.  |
| <b>CIRAD :</b>     | Centre de coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement         |
| <b>CM :</b>        | Carré Moyen.  |
| <b>DC</b>          | Diamètre au collet.   |
| <b>ddl :</b>       | Degré de Liberté.   |
| <b>EPGR :</b>      | Epaisseur de la graine.   |
| <b>GLM</b>         | Modèle Général Linéaire.  |
| <b>GPS :</b>       | Global Positioning System   |
| <b>Ht</b>          | Hauteur totale.   |
| <b>IDR :</b>       | Institut du Développement Rural.  |
| <b>LAGR :</b>      | Largeur de la graine.   |
| <b>LOGR :</b>      | Longueur de la graine.  |
| <b>MEDD :</b>      | Ministère de l'Environnement et du Développement Durable.                                   |
| <b>P :</b>         | Probabilité.  |
| <b>POGR</b>        | Poids des Graines.  |
| <b>PFNL :</b>      | Produits Forestiers Non Ligneux.  |
| <b>SC :</b>        | Somme des Carrés.   |
| <b>SP/CONEDD :</b> | Secrétariat Permanent du Conseil National pour l'Environnement et le Développement Durable. |

## Liste des tableaux

|  |    |
|--|----|
| TABLEAU I : APPELLATIONS DE <i>PROSOPIS AFRICANA</i> EN DIVERSES LANGUES DU MALI, DU BURKINA FASO ET DU NIGER. ....  | 5  |
| TABLEAU II : TAXONOMIE DE <i>P. AFRICANA</i> . ....  | 5  |
| TABLEAU III : DONNEES GEOGRAPHIQUES DES PROVENANCES DE <i>P. AFRICANA</i> SELECTIONNEES PAR PAYS ET NOMBRE DE SEMENCIERS ECHANTILLONNES. ....  | 11 |
| TABLEAU IV : DESCRIPTIF DES VARIABLES QUANTITATIVES MESUREES SUR LES GRAINES DE <i>P. AFRICANA</i> . ....  | 16 |
| TABLEAU V : ANALYSE DE VARIANCE DE LA LONGUEUR MOYENNE, DE LA LARGEUR MOYENNE, DE L'EPaisseur MOYENNE ET DU POIDS MOYEN DES GRAINES DE <i>P. AFRICANA</i> DES PROVENANCES DE TROIS PAYS SAHELIENS DE L'AFRIQUE DE L'OUEST. ....                  | 18 |
| TABLEAU VI : MOYENNES DES CARACTERISTIQUES DES GRAINES DE <i>P. AFRICANA</i> PAR PROVENANCE. ....  | 20 |
| TABLEAU VII : ANALYSE DE REGRESSION DES CARACTERISTIQUES DES GRAINES DE <i>P. AFRICANA</i> EN FONCTION DES PARAMETRES GEOGRAPHIQUES. ....  | 21 |
| TABLEAU VIII : EQUATION DE REGRESSION DU POIDS DES GRAINES (POGR) DE <i>P. AFRICANA</i> EN FONCTION DE LA LONGITUDE. ....  | 21 |
| TABLEAU IX : ANALYSE DE VARIANCE DU TAUX DE GERMINATION DES GRAINES DE <i>P. AFRICANA</i> DES PROVENANCES DE TROIS PAYS SAHELIENS OUEST AFRICAINS. ....  | 23 |
| TABLEAU X: TAUX MOYENS DE GERMINATION DES GRAINES DE <i>P. AFRICANA</i> EVALUES DANS LA PEPINIERE DE OUAGADOUGOU. ....   | 24 |
| TABLEAU XI : ANALYSE DE VARIANCE DE LA HAUTEUR MOYENNE, DU DIAMETRE AU COLLET MOYEN ET DU NOMBRE MOYEN DE FEUILLES DES PLANTULES DE <i>P. AFRICANA</i> DES PROVENANCES DE TROIS PAYS SAHELIENS OUEST AFRICAINS POUR L'ESSAI DE OUAGADOUGOU. .... | 25 |
| TABLEAU XII : ANALYSE DE VARIANCE DE LA HAUTEUR MOYENNE, DU DIAMETRE AU COLLET MOYEN ET DU NOMBRE MOYEN DE FEUILLES DES PLANTULES DE <i>P. AFRICANA</i> DES PROVENANCES DE TROIS PAYS SAHELIENS OUEST AFRICAINS POUR L'ESSAI DE KAYA. ....       | 26 |
| TABLEAU XIII : MOYENNES DES CARACTERISTIQUES DE CROISSANCE DE <i>P. AFRICANA</i> PAR PROVENANCE POUR L'ESSAI DE OUAGADOUGOU. ....  | 28 |
| TABLEAU XIV : MOYENNES DES CARACTERISTIQUES DE CROISSANCE DE <i>P. AFRICANA</i> PAR PROVENANCE POUR L'ESSAI DE KAYA. ....  | 29 |
| TABLEAU XV : ANALYSE DE REGRESSION DE LA CROISSANCE DES PLANTULES DE <i>P. AFRICANA</i> . ....   | 30 |
| TABLEAU XVI : EQUATIONS DE REGRESSION DE LA HAUTEUR MOYENNE ET DU NOMBRE MOYEN DE FEUILLES DE <i>P. AFRICANA</i> EN FONCTION DE LA LONGITUDE AINSI QUE CELLE DU DIAMETRE AU COLLET DE LA PLANTULE EN FONCTION DU POIDS MOYEN DES GRAINES. ....   | 31 |
| TABLEAU XVII : TABLEAU D'ANALYSE DU TAUX DE SURVIE DES PLANTULES DE <i>P. AFRICANA</i> DES PROVENANCES DE TROIS PAYS SAHELIENS OUEST AFRICAINS. ....   | 33 |
| TABLEAU XVIII : TAUX MOYEN DE SURVIE DE <i>P. AFRICANA</i> PAR PROVENANCE. ....  | 35 |

## Liste des figures

|   |    |
|---|----|
| FIGURE 1 : CARTE DE L' AIRE DE DISTRIBUTION DE <i>PROSOPIS AFRICANA</i> .....   | 8  |
| FIGURE 2: LOCALISATION GEOGRAPHIQUE DE VINGT PROVENANCES OUEST AFRICAINES DE <i>P. AFRICANA</i> DANS LES TROIS PAYS (MALI, NIGER ET BURKINA FASO). SOURCE : DONNEES DE TERRAIN..... | 11 |
| FIGURE 3: PLAN DU DISPOSITIF EXPERIMENTAL EN PEPINIERE. ....  | 15 |
| FIGURE 4 : VARIATION DU POIDS DE LA GRAINE DE <i>P. AFRICANA</i> EN FONCTION DE LA LONGITUDE. ....  | 22 |
| FIGURE 5 : REGRESSION DE LA HAUTEUR DES PLANTULES DE <i>P. AFRICANA</i> EN FONCTION DE LA LONGITUDE DES DONNEES DE LA PEPINIERE DE OUAGADOUGOU. ....                                | 32 |
| FIGURE 6 : REGRESSION DU NOMBRE MOYEN DE FEUILLES DES PLANTULES DE <i>P. AFRICANA</i> EN FONCTION DE LA LONGITUDE. ....   | 32 |
| FIGURE 7 : REGRESSION DU DIAMETRE AU COLLET MOYEN DE LA PLANTULE DE <i>P. AFRICANA</i> EN FONCTION DU POIDS DE LA GRAINE DE L' ARBRE MERE. ....                                     | 33 |

## Abstract

*Prosopis africana* (Guill. & Perr.) Taub. is a multipurpose species. The domestication of the species is not an easy task due to few information available. This study focused on morphological variability of seeds and growth parameters in nursery of *P. africana* from 3 sahelian countries in West Africa (Burkina Faso, Mali and Niger). The purpose is to achieve a better knowledge of genetic variability of *P. africana*. Seeds of 390 mother trees from 20 provenances have been collected and used in this study. Seed characteristics such as, seed's length, width, thickness and weight of 10 seeds per mother tree selected randomly have been measured. Investigation focused on the seedlings growth trait of the 20 provenances from 3 countries from two trials established in the two climatic zones Ouagadougou (north sudanian zone, 1° 24' 32'' W and 12° 28' 32'' N), and Kaya (sub sahelian zone, 1° 5' W and 13° 4' 36''N). In each trial, 6400 pots were sown according to the experimental design of four randomized complete blocks with 20 provenances (or treatments). Results revealed the presence of an important variability among provenances ( $P < 0.000$ ) for each trait of the study. Generally, the study of seed morphological traits, germination, growth and survival, showed significant variability among provenances ( $P < 0.000$ ) for each trait. The study revealed a longitudinal variation of seed weight, total height and seedlings' leaf number of the species. It also revealed a variation of the root-collar diameter depending on the parent tree seed. For seed viability, the test showed a germination rate relatively interesting for all provenances of the trial (65.82%); Yanfolila / Mali has the highest rate of germination (80.94%); Nahirindon / Burkina Faso has the best characteristics of growth. This study showed a significant difference of behavior in *Prosopis africana* growth between the two sites of trials (Ouagadougou and Kaya). Survival's rate is relatively suitable for all the trial (57.55%) and Bandougou / Burkina Faso has the largest rate of survival (73.13%).

**Key words:** *Prosopis africana*, trial, international sources, longitudinal variation, growth, germination and survival rates.

## Résumé

*Prosopis africana* (Guill. & Perr.) Taub. est une espèce à fonctions multiples. Cependant, l'insuffisance d'informations en qualité et en quantité sur sa variabilité génétique de l'espèce ne facilite pas sa domestication. La présente étude s'est focalisée sur la variabilité morphologique des graines et des paramètres de croissance de *Prosopis africana* en pépinière de 20 provenances de 3 pays sahéliens d'Afrique de l'Ouest (Burkina Faso, Mali et Niger) afin de contribuer à une meilleure connaissance de sa variabilité génétique. Le matériel végétal utilisé, est constitué des graines de 390 semenciers de 20 provenances. L'étude de la variabilité morphologique a concerné 15 provenances de trois pays. Pour cela, nous avons mesuré la longueur, la largeur, l'épaisseur et le poids de 10 graines par arbre sélectionnées de façon randomisée. Celle de la croissance en pépinière a concerné 20 provenances internationales des trois pays. Ainsi, nous avons mis en place deux essais dont un à la pépinière de l'antenne régionale de Kaya (1° 5' W et 13° 4' 36'' N en zone sub-sahélienne) et un à la pépinière centrale du CNSF à Ouagadougou (12° 28' 32'' N et 1° 24' 32'' W en zone nord soudanienne). Pour chaque essai, au total 6400 pots ont été ensemencés selon le dispositif expérimental de 4 blocs complets randomisés avec 20 provenances (ou traitements). Les résultats ont révélé une importante variabilité génétique entre les provenances ( $P < 0,000$ ). De façon générale, l'étude de la variabilité morphologique des graines, celle de la germination, de la croissance et de la survie ont fait ressortir l'existence d'une importante variabilité entre les provenances ( $P < 0,000$ ) pour chacun des paramètres étudiés. L'étude de la variabilité morphologique et de la croissance en pépinière a mis en évidence, une variation longitudinale du poids de la graine, de la hauteur totale et du nombre de feuille de la plantule. Le taux de germination est relativement intéressant pour l'ensemble de l'essai (65,82%) avec la provenance Yanfolila (Mali) ayant le plus grand taux de germination (80,94%); Nahirindon (Burkina Faso) présente les meilleures caractéristiques de croissance. Le diamètre au collet est aussi fonction du poids de la graine. En outre, l'étude a montré une différence de comportement de la croissance de *Prosopis africana* entre les deux sites de l'essai. De même, le taux de survie a été relativement satisfaisant pour l'ensemble de l'essai (57,55%) avec Bandougou (Burkina Faso) ayant le plus grand taux de survie (73,13%).

**Mots clés :** *Prosopis africana*, essai, provenances internationales, variation longitudinale, croissance, taux de germination et de survie.

## Introduction

La forêt est pourvoyeuse du bois d'œuvre, du bois de service, de Produits Forestiers Non Ligneux (PFNL) et de multiples services écologiques (Millogo, 2014). Les espèces forestières locales sont souvent à multiples usages, allant de l'alimentation humaine et animale à l'artisanat en passant par la médecine traditionnelle. Selon le rapport sur l'état de l'environnement au Burkina Faso (SP/CONEDD, 2010), l'économie du Burkina Faso est essentiellement basée sur l'agriculture et l'élevage qui occupent plus de 85% de la population. La même source stipule que la population du Burkina Faso qui est majoritairement rurale, dépend à 97 % des ressources forestières pour la satisfaction de leurs besoins énergétiques. En effet, 90% de la consommation d'énergie domestique en Afrique subsaharienne provient du bois d'énergie (Breman et Kessler, 1995). De plus, en saison sèche, les éleveurs abattent les arbustes, ébranchent et étêtent les arbres pour mettre les feuilles et les fruits à la disposition du bétail (Sawadogo, 1990 cité par Guinko, 1999). En outre, selon Guinko (1999), plus de 90% de la population burkinabé a recours aux plantes médicinales pour traiter les affections courantes telles que les diarrhées, les dysenteries, les coliques, la jaunisse, le paludisme, les plaies, etc. Les espèces végétales locales jouent également un rôle important dans la constitution des revenus de cette population. Le bilan de quelques années d'exploitation forestière dans la région du Centre Ouest du Burkina Faso fait ressortir une contribution de 40,17% au revenu global des femmes et 35,63% à celui des hommes de cette région (SP/CONEDD, 2010).

Cependant, on assiste depuis deux décennies à une baisse de la pluviométrie et sa mauvaise répartition spatio-temporelle. Ce fléau a pour conséquences la réduction des potentialités hydriques, la déforestation, la raréfaction voire la disparition de certaines espèces forestières, etc. Par ailleurs, les systèmes de production agro-sylvo-pastoraux du pays sont encore fortement dominés par la production extensive menée par une population dont l'essor démographique n'est pas maîtrisé. Cette pratique se traduit par une pression croissante sur les écosystèmes naturels, notamment forestiers, à travers les défrichements. Ainsi, bien que socle du développement durable, la biodiversité se trouve menacée de nos jours. L'exploitation irrationnelle des forêts tropicales, réservoirs abritant plus de la moitié des espèces de la planète, se solde par une perte des ressources génétiques à grande vitesse (Millogo, 2014). Entre 1992 et 2002, l'ensemble des formations forestières a subi une diminution moyenne annuelle de 110.500 ha, soit 4,4% en moyenne par an, ce qui correspond à une chute annuelle de stock de carbone de 17 680 tonnes (Bakayoko, 2011). Face à l'ampleur et à l'irréversibilité des menaces qui pèsent sur les forêts tropicales, la perte effective et potentielle des espèces couplées à celle

des écosystèmes constitueraient l'un des plus grands désastres environnementaux de notre ère. Des efforts de protection de ces ressources génétiques forestières ont longtemps préoccupé les esprits des hommes. Diamond (1997) estime que les initiatives de domestication des espèces, arbres et graines, datent d'environ 5000 à 10 000 ans. Toutefois, la question de la préservation des ressources phytogénétiques est assimilable à un couteau à double tranchant car la satisfaction des besoins des peuples doit épouser la préservation des ressources pour un meilleur équilibre de la biosphère.

Au regard de l'importance des ressources forestières pour le pays et ce, en dépit des aléas climatiques cycliques et de la forte pression anthropique, le Burkina Faso a engagé des actions multiples et multiformes pour atténuer les effets néfastes de la dégradation de son potentiel forestier. Aussi, le reboisement constitue depuis les grandes sécheresses des années 70, l'une des priorités de l'Etat burkinabé qui tente par ce biais de palier la dégradation persistante de son couvert végétal. Ce qui nécessite la disponibilité de semences forestières de meilleure qualité physiologique, génétique et sanitaire. Ainsi, des programmes d'amélioration et de conservation génétique sont développés au Centre National de Semences Forestières sur les espèces agroforestières d'importance sociale et économique comme *Acacia senegal* (L.) Willd., *Adansonia digitata* L., *Balanites aegyptiaca* (L.) Del., *Prosopis africana* (Guill. & Perr.) Taub., *Diospyros mespiliformis* Hochst. ex A. Rich., *Faidherbia albida* (Del.) A. Chev., *Lannea microcarpa* Engl. & K. Krause, *Parkia biglobosa* (Jacq.) R. Br. Don, *Sclerocarya birrea* (A. Rich.) Hochst., *Tamarindus indica* L., *Vitellaria paradoxa* Gaertn. f., ... La présente étude s'est intéressée à l'étude de la variabilité génétique de *Prosopis africana*.

*Prosopis africana* (Guill. & Perr.) Taub., fait partie de ces espèces qui ont fait l'objet de peu d'investigation en vue de sa domestication et de sa promotion. Il faut noter que *P. africana* a une grande importance socio-économique pour les populations locales d'Afrique subsaharienne car elle offre de multiples usages sur le plan énergétique, agronomique, médicinal, alimentaire et culturel (Weber *et al.*, 2008 ; Akaaino and Raji, 2006). De nos jours, on constate une forte disparition des peuplements de cette espèce due à sa surexploitation à travers la coupe abusive de ses branches et tiges et la récolte excessive de ses gousses pour l'alimentation du bétail. Ses graines sont également utilisées en alimentation humaine pour la fabrication d'un condiment dans certains pays de l'Afrique de l'Ouest comme le Nigeria et le Niger (Barminas *et al.*, 1998). La régénération naturelle est aussi très faible (Pasiiecznik *et al.*, 2004) et avec les effets adverses du climat, on assiste à la dégradation des parcs agroforestiers du *P. africana*. Ainsi l'espèce, est de nos jours menacée de disparition (Karen *et al.*, 2000)

quand bien même elle peut pousser jusqu'à une altitude supérieure à 1000m avec une pluviométrie annuelle moyenne comprise entre 600 et 1500mm (Montes *et al.*, 2011 ; Agboola, 2004).

En outre, peu d'études génétiques ont été menées sur cette espèce. Il est donc nécessaire d'entreprendre plus de recherche génétique sur *P. africana* en vue d'une meilleure conservation et d'une amélioration de l'espèce (Weber *et al.*, 2008). L'étude des provenances est la première étape logique dans l'amélioration d'une espèce (Nanson, 2004). Les tests au champ des provenances et des provenances/descendances ont longuement été utilisés pour étudier les variations génétiques et la sélection des provenances pour différentes conditions environnementales (Morgenstern, 1996). Mais, ces tests peuvent être des processus très longs et très coûteux. Comme alternative, certains programmes de recherche dans l'amélioration des arbres en Afrique utilisent un test à court terme en pépinière pour sélectionner les provenances des espèces locales pour la reforestation et les projets d'agroforesterie (Snieszko et Steward, 1989 ; Dangasuk *et al.*, 1997 ; Ibrahim *et al.*, 1997 ; Ky-Dembélé *et al.*, 2014).

Les études sur la germination de l'espèce ont été beaucoup plus orientées sur la détermination de meilleur prétraitement pour ses graines (Ajiboye *et al.*, 2009; Niang-Diop *et al.*, 2010; Ahonton *et al.*, 2009; Dayamba *et al.*, 2008; Ajiboye et Agboola, 2011) que sur la comparaison des caractéristiques de germination et de croissance de diverses populations. La croissance de quatre provenances locales du Nigeria de *P. africana* a été étudiée en pépinière par Akinngbe et Oni (2007). De plus, 28 provenances internationales (du Burkina Faso et du Niger) ont été étudiés au champ au Niger par Weber *et al.* (2008). Ces différentes études ont montré qu'il y a des différences significatives entre les populations locales naturelles de *P. africana* en croissance aussi bien en pépinière que dans les essais au champ. Elles ont également montré que la croissance et la survie des 28 provenances au champ augmentent de la zone humide vers la zone sèche de l'aire échantillonnée. Mais, ces études n'ont porté que sur des provenances d'une partie de l'aire de distribution de *P. africana*. La présente étude porte sur la variabilité morphologique des graines, la germination des semences et la croissance des plants en pépinière des provenances de trois pays de l'Afrique de l'Ouest que sont le Burkina Faso, le Mali et le Niger.

L'objectif global de cette étude est de contribuer à une meilleure connaissance de la diversité génétique de *Prosopis africana* et de proposer un schéma de sélection dans le but d'une amélioration génétique de l'espèce.

De façon spécifique l'étude vise à :

- (i) Evaluer la variabilité morphologique des graines de *Prosopis africana* ;
- (ii) Déterminer la ou les meilleures provenances du point de vue de la germination et de la croissance en pépinière pour cette étude.

Pour atteindre ces objectifs, les hypothèses suivantes ont été émises:

- (i) Il existe une variation morphologique des graines de *P. africana* qui est corrélée à certains paramètres géographiques et de croissance des plantules de *Prosopis africana* ;
- (ii) Il y a une différence de comportement du point de vue de la germination et de croissance entre les provenances de *Prosopis africana* en pépinière.

Le présent mémoire comprend une partie introductive présentant le contexte et la justification de l'étude, les objectifs ainsi que les hypothèses de travail. La deuxième partie expose les généralités sur *P. africana*. La troisième partie est consacrée au matériel et méthodes et la quatrième partie présente les résultats et discussions. La cinquième partie fait ressortir la conclusion et les perspectives de recherches qui se dégagent.

## I. Généralités sur *Prosopis africana* (Guill. & Perr.) Taub.

### I.1 Description de l'espèce

*Prosopis africana* (Guill. & Perr.) Taub. est une plante de la famille des Fabaceae. Elle a pour synonymes *Coulteria africana* (Guill. & Perr.), *Prosopis oblonga* (Benth.) et est connue selon les ethnies sous différent noms vernaculaires (tableau I).

**Tableau I** : Appellations de *Prosopis africana* en diverses langues du Mali, du Burkina Faso et du Niger.

Sources: Arbonnier, 2002 ; Aubréville, 1950 ; Maydell, 1983.

| Langue      | Pays  | Nom                             |
|-------------|-------|---------------------------------|
| Bambara     | Mali  | gwele, gélé                     |
| Bobo-fin    | BF    | kin                             |
| Dioula      | BF    | boulike, koussinsinhon          |
| Mooré       | BF    | niouri-ségé, kyeega, duanduanga |
| Peulh       | BF    | kohi, tidene, kay, rimadojaahi  |
| Gourmantché | BF    | lisuanlagli                     |
| Bwa         | BF    | a' nu                           |
| Zarma       | Niger | Zam turi                        |
| Haoussa     | Niger | Kiry                            |

La taxonomie de l'espèce *P. africana* est présentée dans le tableau 2 ci-dessous.

**Tableau II** : Taxonomie de *P. africana*.

|                    |  |
|--------------------|--|
| Embranchement      | Spermaphytes                                   |
| Sous-embranchement | Angiospermes                                   |
| Classe             | Dicotylédones                                  |
| Sous-classe        | Rosidaeae                                      |
| Ordre              | Rosales  |
| Famille            | Fabaceae                                       |
| Sous-famille       | Fabaceae-Mimosoideae                           |
| Genre              | <i>Prosopis</i>                                |
| Espèce             | <i>Prosopis africana</i> Guill. & Perr.) Taub. |

Sources: Arbonnier, 2002 ; Aubréville, 1950 ; Maydell, 1983.

## I.2. Morphologie et Caractéristiques botaniques

*Prosopis africana* est un arbre de 4 à 20 mètres de hauteur, avec une cime légère (Photo 1), un feuillage retombant, ressemblant à celui de *Tamarindus indica*, mais plus clair. Elle a une écorce très foncée, écailleuse, à tranche orange à rouge brun, striée de bandes blanches (Maydell, 1992).



**Photo 1** : Arbre de *Prosopis africana* (Zerbo, 2014).

*Prosopis africana* se distingue par diverses caractéristiques.

- Les caractéristiques de l'écorce

L'écorce est crevassée, rugueuse, grise à noirâtre, à écailles petites et irrégulières laissant apparaître des taches brunes claires en se détachant, à une tranche dure, rougeâtre avec un rhytidome épais bistre et chocolat (Arbonnier, 2002).

- Les caractéristiques des feuilles

Les feuilles (Photo 2) sont alternes, bipennées, glabres avec un rachis de 10 à 15 cm portant 3 à 6 paires de pinnules opposées de 5 à 8 cm de long, qui ont chacune 9 à 16 paires de folioles. Les folioles sont allongées ovales, acuminées, finement pubescentes et mesurent 12 à 30 mm de long. Une paire de glandes typiques est observée entre chaque paire de pinnules et chaque paire de folioles (Maydell, 1983).



**Photo 2** : Rameaux fructifères, rameaux feuillés, et inflorescences de *P. africana* (Zerbo, 2014).

- Les caractéristiques des fleurs

Les fleurs de *Prosopis africana* (Photo 2) sont de petites tailles, de couleur jaunâtre à vert blanchâtre. Elles sont odorantes et forment des épis axillaires denses de 6 à 10cm de long et glabres. Les 6 carpelles ont une longueur double. La floraison de l'espèce se déroule pendant les mois d'Avril à Mai, juste avant la saison des pluies.

- Les caractéristiques des fruits

Le fruit du *P. africana* est une gousse, fruit sec et indéhiscent renfermant des graines coriaces (Niang-Diop et al. 2010). Le fruit est une gousse brun foncé, cylindrique, épais et durs, brillant atteignant 15cm de longueur et 3cm d'épaisseur (Photo 2), avec un péricarpe ligneux, cloisonné par des membranes, indéhiscent, persistant longtemps sur l'arbre (Arbonnier, 2002).

- Les caractéristiques des graines

Les graines (Photo 3) sont ovoïdes, de couleur brunâtre à noirâtre, à tégument dur et lisse. On en compte en moyenne une douzaine par gousse.

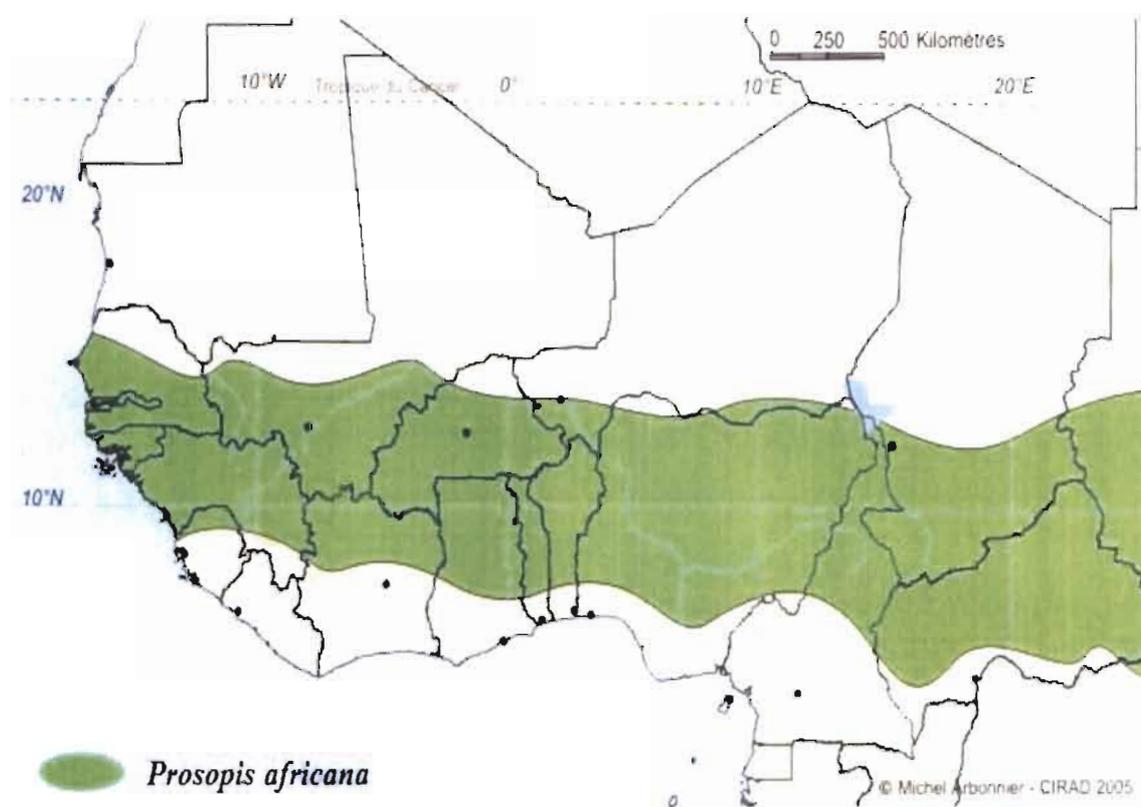


**Photo 3** : Graines de *Prosopis africana* (Kafando, 2015).

### I.3. Ecologie-distribution de l'espèce

*Prosopis africana* est caractéristique des forêts sèches de l'Afrique tropicale occidentale (zones sahélo soudanienne et soudano guinéenne), (Dommergues *et al.*, 1998)

Selon Maydell (1983), *Prosopis africana* est l'unique espèce de *Prosopis* africaine tropicale parmi les 44 espèces du genre *Prosopis*. Elle est répandue du Sénégal à l'Ethiopie dans la zone entre le sahel et la forêt sèche. Elle traverse le Soudan et l'Egypte jusqu'au delta du Nil. Au Sud, elle descend environ jusqu'au lac Victoria et l'Oubangui (Figure 1). Il est très peu domestiqué et se multiplie autant par voie végétative à partir de bourgeons (Okafor, 1981) que par voie de semences (Mahamane, 1999). Il est disséminé par le bétail (Saré, 2004).



**Figure 1** : Carte de l'aire de distribution de *Prosopis africana*. Source: Michel Arbonnier – CIRAD 2005.

### I.4. Utilisations de l'espèce

*Prosopis africana* est utilisé dans plusieurs domaines. Des feuilles aux racines en passant par les tiges, mais aussi les fruits et les graines sont utilisées dans les domaines suivant :

- Comme source énergie : c'est un excellent bois à charbon pour les forgerons. Mais l'espèce ne présente pas un grand intérêt pour la production de bois en raison de sa croissance lente (Aubréville, 1950) ;

- Dans l'alimentation : *P. africana* est utilisé aussi bien en alimentation humaine qu'animale. En effet, comme *Parkia biglobosa*, les graines sont fermentées et utilisées comme condiments (Maydell, 1983). Selon Barminas *et al.* (1998), les graines sont utilisées au Nigéria dans la préparation comme un condiment local. De même, il ressort que *Prosopis africana* peut être utilisé dans la préparation des denrées telles que la soupe et des produits cuits au four, puis dans la fabrication des saucissons ou saucisses et des gâteaux. Les gousses de certaines espèces de *Prosopis* sont utilisées comme aliment de base par de nombreuses populations autochtones dans le désert du Mexique et dans le sud-ouest des Etats-Unis (Simpson, 1977 cité par Geesing *et al.* 2004). Aussi, pour Kaka et Seydou (2001) cités par Geesing *et al.* (2004), des jurys de dégustations ont trouvé qu'une substitution partielle de la farine de maïs, de sorgho ou de mil par de la farine de la gousse de *Prosopis africana* à un taux de 10% ne nuit pas au goût des mets traditionnels mais contribue à relever la saveur. Quant à l'alimentation animale, les feuilles, les jeunes rameaux, les gousses et les graines sont consommés. Les jeunes rameaux et les feuilles constituent un fourrage apprécié à la fin de la saison sèche (Maydell, 1983). Les gousses sont très appréciées par les bovins (Toutain, 1980 ; Saré, 2004). La farine des graines et gousses de certaines espèces de *Prosopis* sont utilisées pour nourrir les animaux, mais à des taux déterminés puisqu'à cet effet, de nombreux éleveurs ont observé que la consommation prolongée des gousses à l'exclusion d'autres aliments avait des effets nuisibles sur la santé et la nutrition des animaux (Geesing *et al.*, 2004).

- Dans l'artisanat : le bois rouge, très dur et imputrescible entre dans la fabrication des manches de sagaies, de houe (Aubréville, 1950). Au Sénégal il est recherché surtout par les artisans d'art. Les perches sont utilisées comme poutres ou piquets. L'écorce et les fruits sont utilisés dans le tannage des cuirs et la gomme comme colle pour la réparation des poteries (Arbonnier, 2002) ;

- Dans la pharmacopée : presque toutes les parties de l'arbre entrent dans les remèdes de la médecine locale. Les feuilles agissent en particulier contre les migraines, les maux de dents et autres douleurs dans la tête. Les feuilles avec une adjonction de l'écorce sont efficaces contre les rhumatismes. L'écorce soulage les dermatoses, les caries et la fièvre et donne un bain pour les yeux. L'écorce est également utilisée comme antiseptique et cicatrisante, et entre dans le traitement des plaies ulcéreuses (Arbonnier, 2002). Les racines sont diurétiques et combattent la blennorrhagie, les douleurs de dents et de l'estomac, la dysenterie et la bronchite (Maydell, 1983).

- Usages économiques : *Prosopis africana* semble être une source de revenu non négligeable qui pourrait contribuer à l'amélioration du niveau de vie des populations et par conséquent contribuer à la réduction de la pauvreté. En effet, Tarchiani et Ouédraogo (2007) à travers une étude des potentialités de séquestration de carbone et des productions forestières de certaines espèces dans le sahel ont noté que *P. africana* est une espèce à rentabilité élevée pour son bois. Selon Maydell (1983), Mahamane (1999) et Arbonnier (2002), son bois est dur et résistant aux termites ; *P. africana* est recherché aussi pour son charbon de qualité particulière ; il est recherché pour la fabrication de mortiers, de tambours, de meubles, de tablettes pour école coranique et pour la sculpture. Les fleurs de l'espèce sont butinées à la recherche de nectar et de pollen, ce qui en fait une espèce mellifère. Tous ces produits issus de *P. africana* seraient susceptibles de procurer un revenu monétaire aux populations. En plus de ces produits, la collecte des gousses peut être une activité pour les populations locales qui pourrait leur procurer des revenus comme la collecte des gousses de *Piliostigma reticulatum* qui rapportait aux femmes du plateau Mossi un revenu de 15 FCFA/kg soit 750 FCFA la charrette (Ouédraogo, 2006). Cependant, vu les actions anthropiques auxquelles est soumise l'espèce pour des fins multiples, elle est selon Shelton (1999), menacée dans les plaines semi-arides de l'Afrique de l'ouest au Burkina Faso, au Niger, au Mali et au Sénégal.

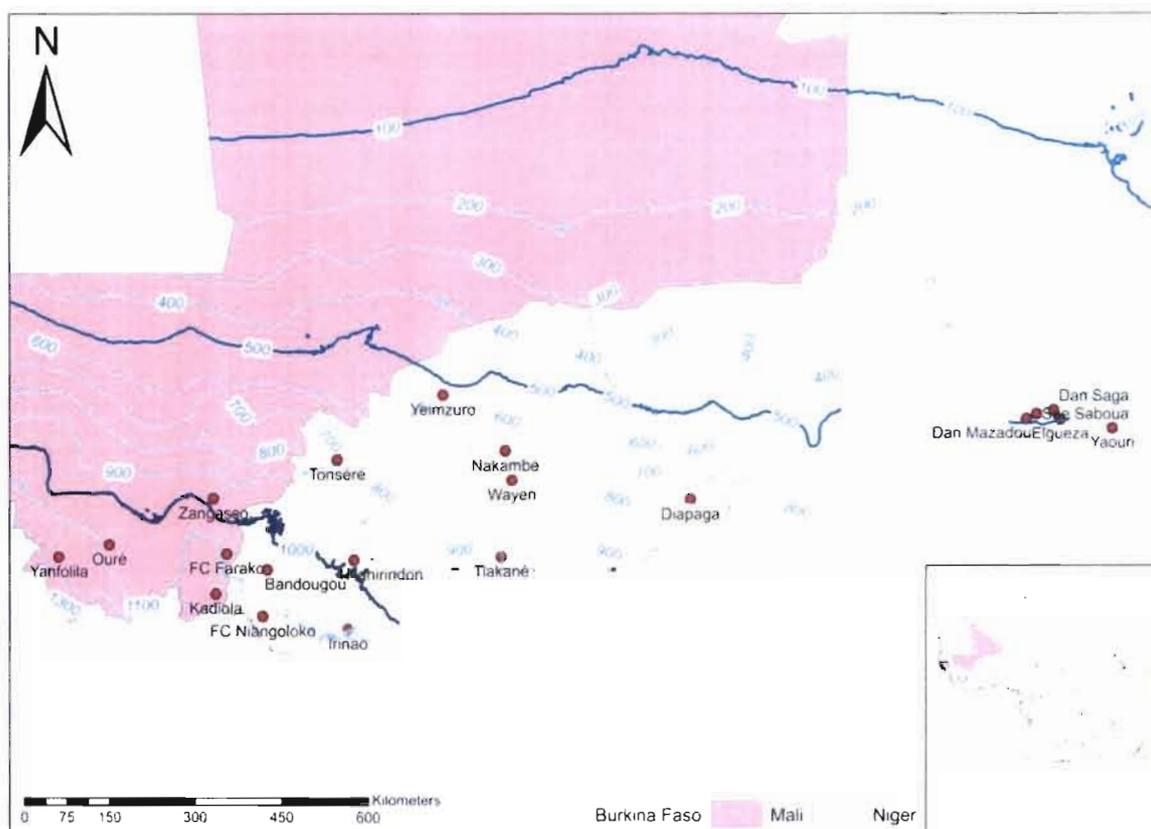
- Autres utilisations : les branches de *Prosopis africana* sont utilisées comme cure-dent. Le bois est utilisé pour fabriquer les manches d'outils aratoires (Arbonnier, 2002).

## II-Matériel et méthodes

### II.1 Matériel végétal

Le matériel végétal ayant servi à notre étude est constitué de graines provenant des gousses de *P. africana* qui ont été collectées directement dans 20 provenances naturelles dont 10 du Burkina Faso, 5 du Mali et 5 du Niger en mars 2014. Dans chaque provenance, 17 à 25 arbres ont été sélectionnés pour la récolte des gousses. La sélection des arbres à l'intérieur de la provenance s'est basée principalement sur la production en gousse et l'état sanitaire. Les gousses ont été récoltées sur des arbres distants d'au moins 100 mètres.

La figure 2 indique la distribution des peuplements dans lesquels les récoltes ont été effectuées dans les trois pays (Mali, Niger et Burkina Faso).



**Figure 2:** Localisation géographique de vingt provenances Ouest africaines de *P. africana* dans les trois pays (Mali, Niger et Burkina Faso). Source : Données de terrain.

Le tableau 3 indique les coordonnées géographiques, l'altitude, la pluviométrie, la température ainsi que le nombre d'arbres sélectionnés par provenances.

**Tableau III :** Données géographiques des provenances de *P. africana* sélectionnées par pays et nombre de semenciers échantillonnés.

| <b>Pays</b> | <b>Provenance</b> | <b>Code</b> | <b>Latitude</b> | <b>Longitude</b> | <b>Température<br/>(°C)</b> | <b>Précipitation<br/>(mm)</b> | <b>Altitude<br/>(m)</b> | <b>Nombre<br/>d'arbres-<br/>mères</b> |
|-------------|-------------------|-------------|-----------------|------------------|-----------------------------|-------------------------------|-------------------------|---------------------------------------|
| Mali        | Yanfolila         | 17          | 11°10'N         | 8°6'W            | 27,14                       | 1187                          | 360                     | 20                                    |
| Mali        | FC Farako         | 6           | 11°14'N         | 5°26'W           | 26,88                       | 1060                          | 340                     | 20                                    |
| Mali        | Kadiola           | 8           | 10°37'N         | 5°38'W           | 26,88                       | 1140                          | 380                     | 20                                    |
| Mali        | Zangasso          | 20          | 10°41'N         | 5°2'W            | 27,12                       | 928                           | 300                     | 20                                    |
| Mali        | Ouré              | 12          | 11°21'N         | 7°19'W           | 27,03                       | 944                           | 320                     | 17                                    |
| Niger       | Elgueza           | 5           | 13°13'N         | 7°32'E           | 25,98                       | 588                           | 440                     | 19                                    |
| Niger       | Dan Saga          | 3           | 13°25'N         | 7°27'E           | 27,44                       | 372                           | 420                     | 20                                    |
| Niger       | Yaouri            | 18          | 13°11'N         | 8°22'E           | 26,51                       | 434                           | 420                     | 17                                    |
| Niger       | Sae Saboua        | 13          | 13°21'N         | 7°12'E           | 27,44                       | 517                           | 360                     | 20                                    |
| Niger       | Dan Mazadou       | 2           | 13°16'N         | 7°2'E            | 27,44                       | 450                           | 400                     | 20                                    |
| Burkina     | Wayen             | 16          | 12°21'N         | 1°00'W           | 28,13                       | 735                           | 280                     | 20                                    |
| Burkina     | Yeimzuro          | 19          | 13°39'N         | 2°5'W            | 28,43                       | 505                           | 300                     | 20                                    |
| Burkina     | Bandougou         | 1           | 10°59'N         | 4°51'W           | 27,66                       | 1068                          | 580                     | 20                                    |
| Burkina     | Niangoloko        | 11          | 10°16'N         | 4°53'W           | 27,66                       | 1149                          | 320                     | 20                                    |
| Burkina     | Nahirindon        | 9           | 11°7'N          | 3°27'W           | 27,64                       | 950                           | 300                     | 20                                    |
| Burkina     | Tonséré           | 15          | 12°39'N         | 3°44'W           | 28,02                       | 753                           | 240                     | 20                                    |
| Burkina     | Irinao            | 7           | 10°4'N          | 3°37'W           | 27,43                       | 1105                          | 360                     | 20                                    |
| Burkina     | Tiakané           | 14          | 11°11'N         | 1°12'W           | 27,34                       | 898                           | 300                     | 20                                    |
| Burkina     | Diapaga           | 4           | 12°2'N          | 1°47'E           | 28,85                       | 1060                          | 280                     | 17                                    |
| Burkina     | Nakambé           | 10          | 12°47'N         | 1°7'W            | 28,24                       | 669                           | 240                     | 20                                    |

## II.2 Matériel technique

La récolte des gousses a nécessité une perche pour cueillir les gousses. Les gousses récoltées ont été mises dans des sacs par arbre et les coordonnées géographiques (longitude et latitude) de chaque arbre ont été relevées à l'aide d'un GPS. Chaque sac porte une étiquette sur laquelle sont portées les mentions suivantes : le nom de la provenance, la date de récolte, les coordonnées géographiques et le pays. La mesure des caractéristiques de la graine a été effectuée à l'aide d'un pied à coulisse (Photo 6) et d'une balance électronique (Photo 7). Des fiches ont servi pour l'enregistrement des données collectées sur les caractéristiques morphologiques des graines (Annexe 1). Après préparation des fruits, les graines obtenues ont été conservées dans des sacs plastiques et des étiquettes sont placées dans chaque sac pour distinguer pour chacune des provenances, les graines obtenues par arbre.

Pour la mesure des paramètres de germination et de croissance, un pied à coulisse (Photo 6) a été utilisé pour la mesure du diamètre au collet, une règle pour mesurer la hauteur totale et une fiche pour la collecte des données (Annexe 2).



**Photo 6** : pied à coulisse



**Photo 7** : balance électronique

## II.3 Méthode

Les graines *P. aficana* présentent une dormance à la germination. C'est ce qui pourrait expliquer que la plupart des études sur l'espèce aient été focalisées sur le prétraitement des graines afin d'améliorer leur taux de germination.

Les études précédentes ont montré que le prétraitement à l'acide sulfurique est le meilleur (Ahoton *et al.*, 2009; CNSF, 2010 ; Bambara, 2014). Pour la présente étude, nous avons utilisé le protocole du CNSF concernant le prétraitement des graines de *P. aficana* qui consiste à tremper les graines dans de l'acide sulfurique à 97% pendant 30 minutes et ensuite les tremper dans de l'eau distillée pendant 24h après un rinçage dans de l'eau distillée. Le

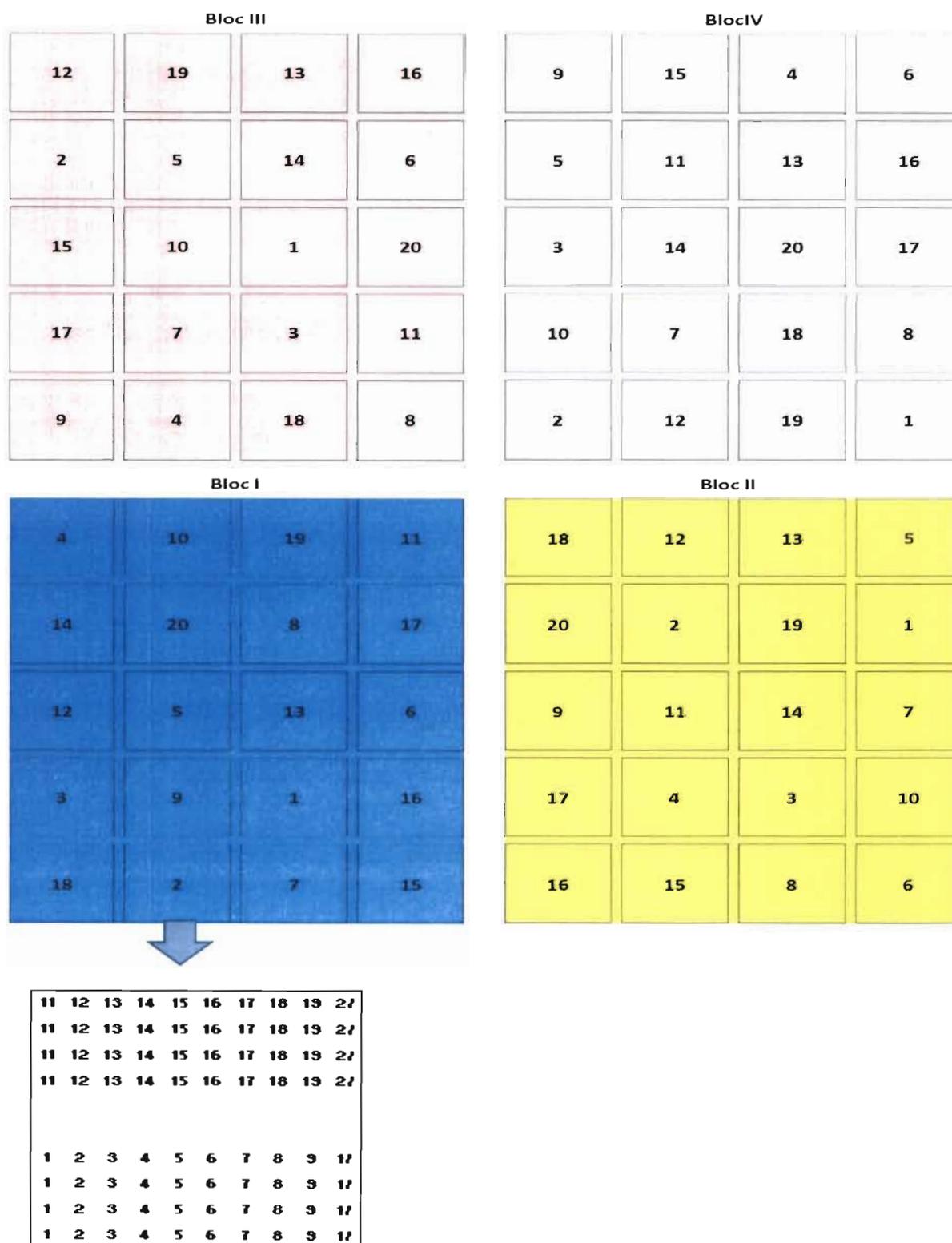
prétraitement est fait par descendances (graines issues d'un même arbre) et par provenance (soit 20 provenances X 20 arbres, donc 400 prétraitements).

Les graines sont semées dans des pots noirs en plastique (25 x 7 cm) remplis avec un mélange de terre, de sable et du compost dans un ratio de 2:1:1 respectivement. Les semis de ces graines sont faits dans les pots à une profondeur de 1cm de la surface. Par pot, deux graines sont semées. Le semis à Ouagadougou est fait le 20 Avril 2015, soit 24h 00 après le prétraitement tandis que celui de Kaya est fait le 4 Septembre 2014. L'écart entre les deux dates de semis est dû au fait que l'essai de Ouagadougou a été repris. En effet, sur le site de Ouagadougou, l'essai avait été mis en place sous une serre tandis que celui de Kaya était à l'air libre. De plus, il y a eu une autre étude sur la résistance à la sécheresse de *P. africana* qui nécessitait un certain nombre de plantules. C'est ainsi donc que l'essai de Ouagadougou a été repris pour respecter les mêmes conditions d'élevage qu'à Kaya et pour fournir des plantules pour l'étude de la résistance à la sécheresse.

Pour chaque essai, au total 6400 pots sont ensemencés selon le dispositif expérimental de quatre blocs complets randomisés avec 20 provenances (ou traitements). La parcelle unitaire correspond à 80 pots comprenant les descendances de vingt arbres à raison de quatre pots semés par arbre (Figure 3).

En somme, les deux essais qui ont été mis en place se différencient par leurs zones phytogéographiques. Le dispositif a été mis en place à Ouagadougou au CNSF (12° 28' 32'' N et 1° 24' 32'' W en zone nord soudanienne avec une température moyenne annuelle de 27,9°C, une précipitation moyenne annuelle de 818mm et une altitude de 240m) et à l'antenne régionale du CNSF de Kaya (1° 5' W et 13° 4' 36''N en zone sub-sahélienne avec une température moyenne annuelle de 28,24°C, une précipitation moyenne annuelle de 669mm et une altitude de 300m).

1. 4 blocs complets randomisés



2. Parcelle unitaire

**Figure 3:** Plan du dispositif expérimental en pépinière.

Les pots sont arrosés tous les jours jusqu'à ce que les plants soient transférés sur le site de plantation. La quantité d'eau utilisée est donc deux arrosoirs de douze litres pour cinq provenances, deux fois par jour soit un total de 384 litres d'eau (64 arrosoirs) par jour pour les 6400 pots de la parcelle. Le premier arrosage journalier s'est effectué le matin vers 7h et le second, le soir vers 16h.

L'évaluation de la germination sur le site de Ouagadougou a été faite le 22 Mai 2015 soit 32 jours après le semis. Pour cette étude, la graine est considérée comme germée lorsqu'on constate l'émergence de ses cotylédons. Pour cette évaluation, nous avons procédé à un repiquage par arbre et par provenance pour booster les pots qui n'avaient pas germé.

L'évaluation de la croissance a eu lieu le 17 Décembre 2014 soit 103 jours après semis pour le site de Kaya et le 1<sup>er</sup> Août 2015 soit 103 jours après semis pour les deux sites. Les caractères qui sont mesurés sont :

- ✓ La hauteur totale,
- ✓ Le diamètre au collet,
- ✓ Le nombre de feuilles.

Pour les caractéristiques morphologiques des graines, quatre variables quantitatives ont été mesurées sur dix (10) graines échantillonnées par arbre de façon randomisée dans cinq provenances de chaque pays (Mali, Burkina Faso Niger). Nous avons mesuré donc sur chacune des graines le poids de la graine à la balance électronique ; puis la longueur, la largeur (largeur au 1/2) et l'épaisseur (l'épaisseur au 1/2) des graines au pied à coulisse (tableau IV).

**Tableau IV** : Descriptif des variables quantitatives mesurées sur les graines de *P. africana*.

| <b>Variables quantitatives des graines</b> | <b>Description</b>         | <b>Code</b> | <b>unité de mesure</b> |
|--|----------------------------|-------------|------------------------|
| <b>Longueur</b>                            | Verticale à partir du hile | LOGR        | mm                     |
| <b>Largeur</b>                             | Largeur au 1/2             | LAGR        | mm                     |
| <b>Epaisseur</b>                           | Epaisseur au 1/2           | EPGR        | mm                     |
| <b>Poids</b>                               | Pesée d'une graine         | POGR        | g                      |

## **II. 4 Traitement et analyse des données**

Les données collectées sont saisies sur un tableur Excel, qui a servi au calcul des moyennes de chaque variable par arbre, par provenance et par bloc. Une analyse de variance à deux facteurs donc est appliquée à chaque variable à l'aide du logiciel Mini tab version 17, en appliquant le modèle général linéaire (GLM).

Pour ce qui concerne l'étude de la croissance des plantules, nous avons également calculé les moyennes des observations par arbre et par provenance. En outre, pour soutenir les analyses statistiques, des graphiques d'illustrations ont été construits à partir du logiciel Excel.

Pour une meilleure analyse des données, nous avons calculé les moyennes des caractéristiques des graines par provenance. Pour l'étude de la germination et de la survie, la moyenne du pourcentage des graines germées et celle des plantules ayant survécu durant l'essai par arbre et par provenance sont calculées. Avant de procéder aux analyses de variance, nous avons vérifié les conditions de l'analyse de variance pour chacune des variables étudiées. Pour le cas du taux de germination, une transformation Arc sinus est nécessaire pour permettre de respecter les conditions d'application de l'analyse de la variance.

Pour les caractéristiques des graines le modèle d'analyse de variance à un facteur est appliqué.

Dans le cas où l'effet du facteur étudié est significatif, la structuration des moyennes est faite à l'aide du test de Newman et Keuls en utilisant le logiciel SAS version 9.10.

Pour l'essai de Kaya, seules les données de croissance sont analysées pour les comparer avec celle de Ouagadougou car nous n'avons pas pu collecter les données de germination parce que les semis ont été réalisés avant notre période de stage.

### III. Résultats

#### III. 1 Caractéristiques morphologiques des graines de *P. africana* des provenances de trois pays sahéliens Ouest africains.

##### III. 1. 1 Mise en évidence des différences entre les provenances

Les analyses de variance effectuées pour chaque variable (Tableau V) ont révélé une différence très hautement significative ( $P < 0,000$ ) entre les provenances pour l'ensemble des caractéristiques morphologiques des graines.

**Tableau V** : Analyse de variance de la longueur moyenne, de la largeur moyenne, de l'épaisseur moyenne et du poids moyen des graines de *P. africana* des provenances de trois pays sahéliens de l'Afrique de l'Ouest.

| Variables | Source     | ddl  | SC     | MC     | F      | P        |
|-----------|------------|------|--------|--------|--------|----------|
| LOGR      | Provenance | 14   | 844,4  | 60,32  | 67,83  | 0,000*** |
|           | Erreur     | 2955 | 2627,5 | 0,89   |        |          |
|           | Total      | 2969 |        |        |        |          |
| LAGR      | Provenance | 14   | 508    | 36,28  | 84,43  | 0,000*** |
|           | Erreur     | 2955 | 1270   | 0,43   |        |          |
|           | Total      | 2969 |        |        |        |          |
| EPGR      | Provenance | 14   | 475,2  | 33,94  | 121,39 | 0,000*** |
|           | Erreur     | 2955 | 826,2  | 0,28   |        |          |
|           | Total      | 2965 |        |        |        |          |
| POGR      | Provenance | 14   | 0,8839 | 0,06   | 68,35  | 0,000*** |
|           | Erreur     | 2955 | 2,7297 | 0,0009 |        |          |
|           | Total      | 2965 |        |        |        |          |

\*\*\*Différence très hautement significative au seuil de 1%.

**NB** : LOGR : Longueur de la graine ; LAGR : Largeur de la graine ; EPGR : Epaisseur de la graine ; POGR : Poids de la graine ; ddl : degré de liberté ; SC : Somme des Carrés ; Moyenne des Carrés ; F : Fréquence ; P : Probabilité.

##### III.1.2. Comparaison des provenances

- **La longueur des graines**

L'analyse de variance pour la variable longueur de la graine (Tableau V), a révélé une différence très hautement significative entre les provenances ( $P < 0,000$ ). La comparaison des moyennes pour cette variable, a permis de distinguer 7 groupes (Tableau VI). La longueur moyenne de l'ensemble des graines est de  $8,69 \pm 0,93$  mm. Les graines les plus longues sont

observées dans la provenance Dan Mazadou au Niger ( $9,12 \pm 0,79$ mm). Les plus faibles longueurs sont observées dans la provenance Ouré au Mali ( $7,03 \pm 1,4$ mm).

- **La largeur des graines**

L'analyse de variance pour la variable largeur de la graine (Tableau V), a révélé une différence très hautement significative entre les provenances ( $P < 0,000$ ). La comparaison des moyennes pour cette variable, a donné 9 groupes (Tableau VI). La largeur moyenne de l'ensemble des graines est de  $5,43 \pm 0,63$ mm. Elle varie de  $3,99 \pm 1,28$ mm à  $5,81 \pm 0,62$ mm respectivement pour les provenances Ouré au Mali et Irinao au Burkina Faso.

- **L'épaisseur des graines**

L'analyse de variance pour la variable épaisseur de la graine (Tableau V), a révélé une différence très hautement significative entre les provenances ( $P < 0,000$ ). La comparaison des moyennes pour cette variable, a permis de distinguer 9 groupes (Tableau VI). L'épaisseur moyenne de l'ensemble des graines est de  $3,85 \pm 0,49$ mm. Les grandes épaisseurs de la graine sont observées chez la provenance Irinao ( $4,11 \pm 0,63$ mm) au Burkina Faso tandis que les faibles épaisseurs sont observées chez la provenance Ouré ( $2,39 \pm 1,2$ mm) au Mali.

- **Le poids des graines**

L'analyse de variance pour la variable poids de la graine (Tableau V), a révélé une différence très hautement significative entre les provenances ( $P < 0,000$ ). La comparaison des moyennes pour cette variable a donné 10 groupes (Tableau VI). Le poids moyen de l'ensemble des graines est de  $0,14 \pm 0,03$ . La provenance Irinao au Burkina Faso se révèle être la provenance ayant les graines les plus lourdes ( $0,16 \pm 0,03$ g) tandis que les plus légères graines sont observées chez la provenance Ouré ( $0,10 \pm 0,02$ g) au Mali.

**Tableau VI** : Moyennes des caractéristiques des graines de *P. africana* par provenance.

| Provenances <sup>a</sup> | LOGR (mm)      | LAGR (mm)      | EPGR (mm)       | POGR(g)         |
|--------------------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|
| <b>Bandougou</b>         | 9,09 ± 0,79a   | 5,57 ± 0,49bc  | 4,05 ± 0,33abc  | 0,15 ± 0,03ab   |
| <b>Dan Mazadou</b>       | 9,12 ± 0,86a   | 5,46 ± 0,52bcd | 3,99 ± 0,45abc  | 0,15 ± 0,03bcd  |
| <b>Dan Saga</b>          | 8,70 ± 0,96bc  | 5,43 ± 0,66cd  | 3,92 ± 0,51bcd  | 0,15 ± 0,03bcde |
| <b>Elgueza</b>           | 8,86 ± 0,92abc | 5,58 ± 0,75bc  | 3,99 ± 0,63abc  | 0,15 ± 0,04bcd  |
| <b>FC Farako</b>         | 8,69 ± 0,69bc  | 5,57 ± 0,43bc  | 3,79 ± 0,32de   | 0,14 ± 0,02e    |
| <b>Irinao</b>            | 9,01 ± 0,91ab  | 5,81 ± 0,62a   | 4,11 ± 0,42a    | 0,16 ± 0,03a    |
| <b>Kadiola</b>           | 8,55 ± 0,8c    | 5,68 ± 0,58ab  | 3,95 ± 0,37abcd | 0,14 ± 0,03de   |
| <b>Niangoloko</b>        | 9,03 ± 0,94a   | 5,65 ± 0,56abc | 4,08 ± 0,45ab   | 0,15 ± 0,03bcde |
| <b>Ouré</b>              | 7,03 ± 1,4e    | 3,99 ± 1,28f   | 2,39 ± 1,2f     | 0,10 ± 0,02g    |
| <b>Sac Saboua</b>        | 9,04 ± 0,98a   | 5,58 ± 0,61bc  | 4,02 ± 0,45abc  | 0,15 ± 0,03abc  |
| <b>Tonséré</b>           | 8,15 ± 0,93d   | 5,34 ± 0,62d   | 3,68 ± 0,51e    | 0,12 ± 0,03f    |
| <b>Wayen</b>             | 8,56 ± 0,95c   | 5,72 ± 0,6bcd  | 3,87 ± 0,53cd   | 0,14 ± 0,03cde  |
| <b>Yanfolila</b>         | 8,02 ± 0,96d   | 4,97 ± 0,62e   | 3,64 ± 0,35e    | 0,12 ± 0,03g    |
| <b>Yaouri</b>            | 8,81 ± 1,01abc | 5,75 ± 0,54bcd | 4,02 ± 0,45abc  | 0,15 ± 0,03bcde |
| <b>Zangasso</b>          | 8,21 ± 0,88d   | 5,33 ± 0,53d   | 3,63 ± 0,38e    | 0,12 ± 0,03f    |
| <b>Total provenances</b> | 8,69 ± 0,93    | 5,43 ± 0,63    | 3,85 ± 0,49     | 0,14 ± 0,03     |

<sup>a</sup> les moyennes de même colonne affectées d'une même lettre forment un groupe homogène à 95% de degré de confiance.

**NB** : LOGR : Longueur de la graine ; LAGR : Largeur de la graine ; EPGR : Epaisseur de la graine ; POGR : Poids de la graine.

### III.1.3. Lien existant entre les caractéristiques des graines de *P. africana* et les paramètres géographiques.

Des investigations ont été réalisées pour déterminer si certaines caractéristiques morphologiques des graines peuvent être expliquées par les coordonnées géographiques des provenances ou par leurs paramètres climatiques. Le tableau VII indique les modèles qui ont un effet significatif ( $P \leq 0,05$ ) et un coefficient de détermination assez élevé.

**Tableau VII :** Analyse de régression des caractéristiques des graines de *P. africana* en fonction des paramètres géographiques.

| Variable | Prédicateurs | Coef   | SE Coef | T     | P        |
|----------|--------------|--------|---------|-------|----------|
| POGR     | Constante    | 0,1393 | 0,0041  | 33,91 | 0,000*** |
|          | Longitude    | 0,0015 | 0,0007  | 2,3   | 0,039*   |

\*Différence significative à 5% \*\*\*Différence très hautement significative à 1%.

**NB :** POGR : Poids des graines.

Les résultats ci-dessus indiquent que le poids de la graine de *P. africana* peut être prédit en fonction de la longitude car la probabilité est significative ( $P = 0,039$ ). Le modèle de régression correspondant est présenté dans le tableau VIII.

**Tableau VIII :** Equation de régression du poids des graines (POGR) de *P. africana* en fonction de la longitude.

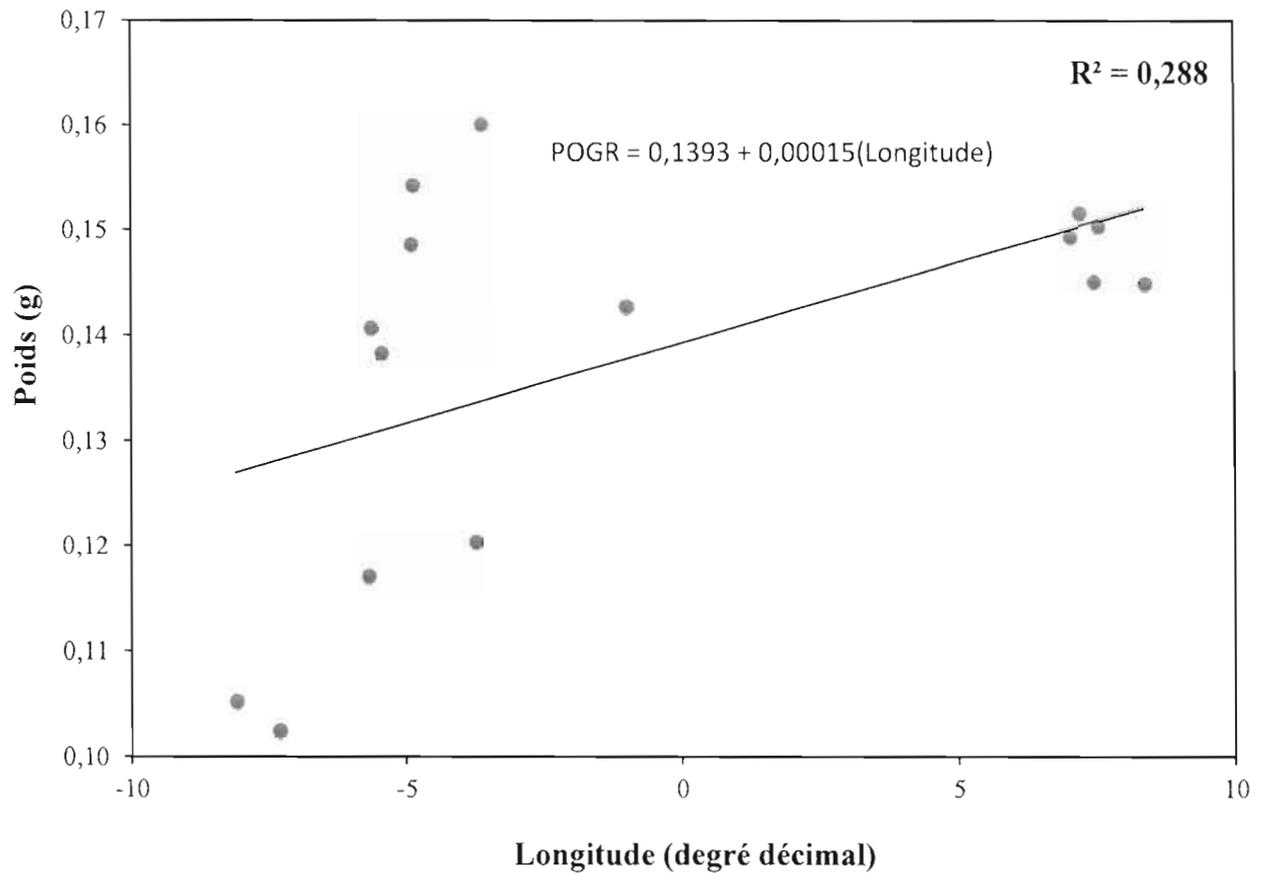
| Variables | Equation de la régression            | R <sup>2</sup> |
|-----------|--------------------------------------|----------------|
| POGR      | $0,1393 + 0,00015(\text{Longitude})$ | 0,288          |

**NB :** R<sup>2</sup> = Coefficient de détermination.

**NB :** POGR : Poids des graines.

- **Relation entre le poids de la graine de *P. africana* et la longitude.**

Dans son ensemble, la figure 4 fait ressortir une légère augmentation du poids de la graine en fonction de la longitude. En effet, la graine devient de plus en plus lourde pour les provenances partant de l'Ouest vers l'Est de l'aire de distribution pour les pays considérés.



**Figure 4** : Variation du poids de la graine de *P. africana* en fonction de la longitude.

### III. 2 Caractéristique du taux de germination des graines de *P. africana* des provenances de trois pays sahéliens Ouest africains.

#### III. 2. 1 Mise en évidence des différences entre les provenances

L'analyse de variance pour la variable taux de germination a révélé une différence très hautement significative ( $P < 0,000$ ) entre les provenances (Tableau IX).

**Tableau IX :** Analyse de variance du taux de germination des graines de *P. africana* des provenances de trois pays sahéliens Ouest africains.

| <b>Variable</b>                | <b>Source</b>     | <b>ddl</b> | <b>SC</b> | <b>MC</b> | <b>F</b> | <b>P</b> |
|--------------------------------|-------------------|------------|-----------|-----------|----------|----------|
| <b>Taux de germination(TG)</b> | <b>Provenance</b> | 19         | 23,073    | 1,214     | 3,13     | 0,000*** |
|                                | <b>Bloc</b>       | 3          | 4,609     | 1,536     | 3,58     |          |
|                                | <b>Erreur</b>     | 1577       |           |           |          |          |
|                                | <b>Total</b>      | 1599       |           |           |          |          |

\*\*\*Différence très hautement significative au seuil de 1‰.

**NB :** ddl : degré de liberté ; SC : Somme des Carrés ; Moyenne des Carrés ; F : Fréquence ; P : Probabilité.

### III.2.2. Comparaison des provenances

L'analyse de variance pour la variable taux de germination a révélé une différence très hautement significative entre les provenances ( $P < 0,000$ ). La comparaison des moyennes pour cette variable réalisée entre les provenances a permis de distinguer 5 groupes (Tableau X). Le taux moyen de germination des graines pour toutes les provenances est de 65,82%. Ce taux varie de 50,78 à 80,94% respectivement pour les provenances Tonséré au Burkina Faso et Yanfolila au Mali (Annexe 3).

**Tableau X:** Taux moyens de germination des graines de *P. africana* évalués dans la pépinière de Ouagadougou.

| <b>Provenances <sup>a</sup></b> | <b>PAYS</b>  | <b>TG(%)</b>    |
|---------------------------------|--------------|-----------------|
| <b>Yanfolila</b>                | Mali         | 80,94 ± 18a     |
| <b>Diapaga</b>                  | Burkina Faso | 75,31 ± 20,2ab  |
| <b>Dan Mazadou</b>              | Niger        | 74,06 ± 22,7ab  |
| <b>Elgueza</b>                  | Niger        | 73,13 ± 20,4ab  |
| <b>Irinao</b>                   | Burkina Faso | 72,81 ± 17,7abc |
| <b>Niangoloko</b>               | Burkina Faso | 71,41 ± 27,5abc |
| <b>Tiakané</b>                  | Burkina Faso | 70,16 ± 25,2abc |
| <b>Bandougou</b>                | Burkina Faso | 68,91 ± 24,7abc |
| <b>Ouré</b>                     | Mali         | 68,44 ± 28,7abc |
| <b>Kadiola</b>                  | Mali         | 68,44 ± 24,3abc |
| <b>Dan Saga</b>                 | Niger        | 68,28 ± 23,6abc |
| <b>Yeimzuro</b>                 | Burkina Faso | 65,16 ± 21,6abc |
| <b>FC Farako</b>                | Mali         | 61,56 ± 24,9abc |
| <b>Nakambé</b>                  | Burkina Faso | 60,94 ± 36,4abc |
| <b>Yaouri</b>                   | Niger        | 60,47 ± 28abc   |
| <b>Wayen</b>                    | Burkina Faso | 59,06 ± 22,8abc |
| <b>Nahirindon</b>               | Burkina Faso | 58,75 ± 31,2abc |
| <b>Zangasso</b>                 | Mali         | 55,16 ± 27,2abc |
| <b>Sae Saboua</b>               | Niger        | 52,66 ± 33,3bc  |
| <b>Tonséré</b>                  | Burkina Faso | 50,78 ± 26,6c   |
| <b>Toutes les provenances</b>   |              | 65,82 ± 26,7    |

<sup>a</sup> Les moyennes de même colonne affectées d'une même lettre forment un groupe homogène à 95% de degré de confiance.

**NB :** TG : Taux de Germination

### III. 3 Caractéristique de la croissance des plantules de *P. africana* des provenances de trois pays sahéliens Ouest africains 103 jours après semis pour les essais de Ouagadougou et de Kaya.

#### III. 3. 1 Mise en évidence des différences entre les provenances pour chacun des deux essais

Les analyses de variance effectuées pour chacune des variables de la croissance (hauteur totale, nombre de feuilles, diamètre au collet) ont révélé une différence très hautement significative ( $P < 0,000$ ) entre les provenances pour l'ensemble des caractéristiques de croissance des plantules pour l'essai de Ouagadougou ainsi que celui de Kaya (Tableaux XI et XII).

**Tableau XI** : Analyse de variance de la hauteur moyenne, du diamètre au collet moyen et du nombre moyen de feuilles des plantules de *P. africana* des provenances de trois pays sahéliens Ouest africains pour l'essai de Ouagadougou.

| Variables                      | Source     | ddl  | SC      | MC     | F     | P        |
|--------------------------------|------------|------|---------|--------|-------|----------|
| <b>Hauteur (Ht)</b>            | Provenance | 19   | 9599,64 | 505,24 | 12,18 | 0,000*** |
|                                | Bloc       | 3    | 2502,81 | 834,27 | 20,12 |          |
|                                | Erreur     | 1345 |         |        |       |          |
|                                | Total      | 1367 |         |        |       |          |
| <b>Diamètre (Dc)</b>           | Provenance | 19   | 0,785   | 0,041  | 9,82  | 0,000*** |
|                                | Bloc       | 3    | 0,727   | 0,242  | 57,56 |          |
|                                | Erreur     | 1345 |         |        |       |          |
|                                | Total      | 1367 |         |        |       |          |
| <b>Nombre de feuilles (NF)</b> | Provenance | 19   | 683,159 | 35,956 | 4,04  | 0,000*** |
|                                | Bloc       | 3    | 1196,52 | 398,84 | 44,86 |          |
|                                | Erreur     | 1345 |         |        |       |          |
|                                | Total      | 1367 |         |        |       |          |

\*\*\*Différence très hautement significative au seuil de 1%.

**NB** : ddl : degré de liberté ; SC : Somme des Carrés ; Moyenne des Carrés ; F : Fréquence ; P : Probabilité.

**Tableau XII** : Analyse de variance de la hauteur moyenne, du diamètre au collet moyen et du nombre moyen de feuilles des plantules de *P. africana* des provenances de trois pays sahéliens Ouest africains pour l'essai de Kaya.

| <b>Variabes</b>                | <b>Source</b> | <b>ddl</b> | <b>SC</b> | <b>MC</b> | <b>F</b> | <b>P</b> |
|--------------------------------|---------------|------------|-----------|-----------|----------|----------|
| <b>Hauteur (Ht)</b>            | Provenance    | 19         | 7644      | 402,32    | 7,55     | 0,000*** |
|                                | Bloc          | 3          | 11167     | 3722,36   | 69,82    |          |
|                                | Erreur        | 1305       |           |           |          |          |
|                                | Total         | 1327       |           |           |          |          |
| <b>Diamètre (Dc)</b>           | Provenance    | 19         | 55,33     | 2,912     | 6,39     | 0,000*** |
|                                | Bloc          | 3          | 36,44     | 12,147    | 26,65    |          |
|                                | Erreur        | 1305       |           |           |          |          |
|                                | Total         | 1327       |           |           |          |          |
| <b>Nombre de feuilles (NF)</b> | Provenance    | 19         | 3629      | 191,02    | 6,82     | 0,000*** |
|                                | Bloc          | 3          | 5437      | 1812,25   | 64,67    |          |
|                                | Erreur        | 1305       |           |           |          |          |
|                                | Total         | 1327       |           |           |          |          |

\*\*\*Différence très hautement significative au seuil de 1%.

**NB** : ddl : degré de liberté ; SC : Somme des Carrés ; Moyenne des Carrés ; F : Fréquence ; P : Probabilité.

### III. 3. 2 Comparaison des provenances pour chacun des deux essais

- **La hauteur moyenne des plantules**

L'analyse de variance pour la variable hauteur totale de la plantule, a révélé une différence très hautement significative entre les provenances ( $P < 0,000$ ) pour chaque essai. La comparaison des moyennes pour cette variable, a permis de distinguer 10 groupes (Tableau XIII) pour l'essai de Ouagadougou et 11 groupes (Tableau XIV) pour l'essai de Kaya. La hauteur moyenne de l'ensemble des plantules est de  $36,46\text{cm} \pm 9,2$  pour l'essai de Ouagadougou et de  $23,70\text{cm} \pm 8,2$  pour l'essai de Kaya 103 jours après semis. La provenance Nahirindon au Burkina Faso s'illustre comme la meilleure du point de vue croissance en hauteur ( $43,18 \pm 10,2\text{cm}$ ) dans l'essai de Ouagadougou tandis qu'à Kaya, c'est la provenance Niangoloko au Burkina Faso qui s'illustre comme la meilleure ( $27,71\text{cm} \pm 7,9$ ). La provenance FC Farako au Mali présente les plus petits individus du point de vue de la hauteur ( $30,55 \pm 6,8\text{cm}$ ) à l'essai de Ouagadougou, tandis qu'à Kaya, les individus de petite taille s'observent chez la provenance Nakambé au Burkina Faso ( $19,02 \pm 6,4\text{cm}$ ).

Pour la variable hauteur des plantules, les résultats indiquent une nette différence entre les deux essais. De même, l'ordre de classement des provenances diffère selon le site. Les

hauteurs moyennes des plantules sont plus élevées dans le site de Ouagadougou que celui de Kaya.

- **Le diamètre au collet moyen des plantules**

L'analyse de variance pour la variable diamètre au collet (Dc) de la plantule, a révélé une différence très hautement significative entre les provenances ( $P < 0,000$ ) pour chaque essai. La comparaison des moyennes pour cette variable, a permis de distinguer 12 groupes (Tableau XIII) pour l'essai de Ouagadougou et 9 groupes (Tableau XIV) pour l'essai de Kaya. Le diamètre moyen au collet de l'ensemble des plantules est de  $0,33 \pm 0,09$ cm pour le site de Ouagadougou et  $0,21 \pm 0,07$ cm pour celui de Kaya. Il varie de  $0,28 \pm 0,05$ cm à  $0,37 \pm 0,09$ cm respectivement pour les provenances FC Farako au Mali et Nahirindon au Burkina Faso pour le site de Ouagadougou. Pour celui de Kaya, les plus fortes valeurs pour cette variable sont observées avec la provenance Niangoloko au Burkina Faso ( $0,26 \pm 0,07$ cm) alors que la provenance Wayen au Burkina Faso présente les plus faibles valeurs ( $0,18 \pm 0,05$ cm). Ces résultats nous montrent une nette différence entre les deux essais du point de vue de la moyenne du diamètre au collet ainsi que l'ordre de classement des provenances. La forte moyenne est observée dans la pépinière de Ouagadougou.

- **Le nombre de feuilles des plantules**

L'analyse de variance pour la variable nombre de feuilles de la plantule, a révélé une différence très hautement significative entre les provenances ( $P < 0,000$ ) pour chaque essai. La comparaison des moyennes pour cette variable, a permis de distinguer 4 groupes (Tableau XIII) pour Ouagadougou et 9 groupes pour Kaya (Tableau XIV). Le nombre moyen de feuilles de l'ensemble des plantules est de  $14,8 \pm 4,3$  pour Ouagadougou et de  $9,6 \pm 5,9$  pour Kaya. Il varie de  $13,7 \pm 4,1$  à  $16,9 \pm 4,6$  respectivement pour les provenances FC Farako du Mali et Bandougou du Burkina Faso pour le site de Ouagadougou. Dans le site de Kaya, les plus faibles valeurs sont observées avec la provenance Nakambé du Burkina Faso ( $7,1 \pm 4,5$ ) et les plus fortes valeurs avec la provenance Tonséré du Burkina Faso ( $13,3 \pm 6,5$ ). Ces résultats indiquent une nette différence entre les deux essais du point de vue de la moyenne du nombre de feuilles ainsi que l'ordre de classement des provenances pour ce paramètre avec Ouagadougou ayant la forte moyenne.

**Tableau XIII** : Moyennes des caractéristiques de croissance de *P. africana* par provenance pour l'essai de Ouagadougou.

| Provenances <sup>a</sup> | Ht (cm)          | Dc (cm)          | NF           |
|--------------------------|------------------|------------------|--------------|
| <b>Bandougou</b>         | 39,23 ± 8,3bcd   | 0,36 ± 0,08a     | 16,9 ± 4,6a  |
| <b>Dan Mazadou</b>       | 36,08 ± 8,2def   | 0,32 ± 0,09cdef  | 14,5 ± 3,3bc |
| <b>Dan Saga</b>          | 34,91 ± 8,9ef    | 0,34 ± 0,09abcd  | 14,2 ± 4,1bc |
| <b>Diapaga</b>           | 35,41 ± 7,9ef    | 0,31 ± 0,07defg  | 14,5 ± 4,5bc |
| <b>Elgueza</b>           | 37,75 ± 10,7bcde | 0,34 ± 0,1abcd   | 14,7 ± 5bc   |
| <b>FC Farako</b>         | 30,55 ± 6,8g     | 0,28 ± 0,08g     | 13,7 ± 4,1c  |
| <b>Irinao</b>            | 36,76 ± 9def     | 0,32 ± 0,09cdef  | 14,9 ± 4,2bc |
| <b>Kadiola</b>           | 35,85 ± 9,1def   | 0,32 ± 0,09def   | 14,8 ± 4,5bc |
| <b>Nahirindon</b>        | 43,18 ± 10,2a    | 0,37 ± 0,09a     | 15,7 ± 4,2bc |
| <b>Nakambé</b>           | 38,39 ± 9,3bcde  | 0,33 ± 0,09bcde  | 14,7 ± 4,2bc |
| <b>Niangoloko</b>        | 35,81 ± 8def     | 0,32 ± 0,08bcde  | 15,6 ± 4,5b  |
| <b>Ouré</b>              | 34,57 ± 8,3ef    | 0,31 ± 0,1efg    | 14,5 ± 4,1bc |
| <b>Sae Saboua</b>        | 35,81 ± 9,2def   | 0,35 ± 0,08abc   | 14,3 ± 4,1bc |
| <b>Tiakané</b>           | 40,12 ± 9,4ab    | 0,35 ± 0,08ab    | 15,4 ± 4,2b  |
| <b>Tonséré</b>           | 35,28 ± 10,2ef   | 0,31 ± 0,11defg  | 14,2 ± 4,5bc |
| <b>Wayen</b>             | 39,63 ± 8,9bc    | 0,33 ± 0,08bcdef | 14,3 ± 3,7bc |
| <b>Yanfolila</b>         | 34,61 ± 8,7ef    | 0,31 ± 0,09def   | 14,1 ± 4bc   |
| <b>Yaouri</b>            | 36,53 ± 8,6cde   | 0,35 ± 0,11ab    | 14,5 ± 4,4bc |
| <b>Yeimzuro</b>          | 32,95 ± 7,6fg    | 0,28 ± 0,09gh    | 13,9 ± 4,2bc |
| <b>Zangasso</b>          | 33,23 ± 7,6fg    | 0,30 ± 0,06fg    | 14,7 ± 3,8bc |
| <b>Total provenances</b> | 36,46 ± 9,2      | 0,33 ± 0,09      | 14,8 ± 4,3   |

<sup>a</sup> les moyennes de même colonne affectées d'une même lettre forment un groupe homogène à 95% de degré de confiance.

**NB** : Ht : Hauteur totale ; DC : Diamètre au Collet ; Nf : Nombre de feuilles.

**Tableau XIV** : Moyennes des caractéristiques de croissance de *P. africana* par provenance pour l'essai de Kaya.

| Provenances <sup>a</sup> | Ht (cm)           | Dc (cm)          | NF              |
|--------------------------|-------------------|------------------|-----------------|
| <b>Bandougou</b>         | 24,74 ± 7,2abcdef | 0,20 ± 0,06bcde  | 9,8 ± 4,8bcde   |
| <b>Dan Mazadou</b>       | 22,11 ± 7,6cdef   | 0,19 ± 0,07bcde  | 7,9 ± 4,2de     |
| <b>Dan Saga</b>          | 20,7 ± 7,8def     | 0,23 ± 0,07abc   | 7,6 ± 3,7e      |
| <b>Diapaga</b>           | 21,34 ± 7,7def    | 0,22 ± 0,07bcd   | 9,5 ± 6,1bcde   |
| <b>Elgueza</b>           | 20,14 ± 5,6ef     | 0,19 ± 0,05cde   | 7,7 ± 3,9e      |
| <b>FC Farako</b>         | 27,20 ± 7,8ab     | 0,22 ± 0,06abcd  | 11,2 ± 6,2abcd  |
| <b>Irinao</b>            | 24,64 ± 9,9abcd   | 0,22 ± 0,07bcde  | 11,2 ± 6,1abcd  |
| <b>Kadiola</b>           | 27,50 ± 9,7a      | 0,23 ± 0,08abc   | 12,7 ± 7,8ab    |
| <b>Nahirindon</b>        | 26,73 ± 7,4abc    | 0,23 ± 0,06abc   | 11,0 ± 5,8abcd  |
| <b>Nakambé</b>           | 19,02 ± 6,4f      | 0,18 ± 0,06de    | 7,1 ± 4,5e      |
| <b>Niangoloko</b>        | 27,71 ± 7,9a      | 0,26 ± 0,07a     | 11,4 ± 5,2abc   |
| <b>Ouré</b>              | 24,03 ± 9,9cdef   | 0,25 ± 0,09ab    | 11,8 ± 8,5abcd  |
| <b>Sae Saboua</b>        | 20,89 ± 10def     | 0,20 ± 0,07bcde  | 7,7 ± 3,9e      |
| <b>Tiakané</b>           | 21,56 ± 5,4cdef   | 0,20 ± 0,05bcde  | 7,5 ± 4,2de     |
| <b>Tonséré</b>           | 25,54 ± 9,5abcd   | 0,24 ± 0,1abc    | 13,3 ± 6,5a     |
| <b>Wayen</b>             | 22,45 ± 5,6def    | 0,18 ± 0,05e     | 7,9 ± 2,9e      |
| <b>Yanfolila</b>         | 22,17 ± 7def      | 0,20 ± 0,07bcde  | 9,5 ± 4,8bcde   |
| <b>Yaouri</b>            | 23,06 ± 6,2bcdef  | 0,19 ± 0,06      | 8,4 ± 3,8cde    |
| <b>Yeimzuro</b>          | 23,78 ± 8,5abcdef | 0,20 ± 0,06bcde  | 9,7 ± 4,6bcde   |
| <b>Zangasso</b>          | 24,35 ± 9abcde    | 0,21 ± 0,067bcde | 10,1 ± 5,7abcde |
| <b>Total provenances</b> | 23,70 ± 8,2       | 0,21 ± 0,07      | 9,6 ± 5,9       |

<sup>a</sup> les moyennes de même colonne affectées d'une même lettre forment un groupe homogène à 95% de degré de confiance.

**NB :** Ht : Hauteur totale ; DC : Diamètre au Collet ; Nf : Nombre de feuilles.

### III. 3. 3 Lien existant entre les caractéristiques des graines, les caractéristiques de la croissance et les paramètres géographique de *P. africana*

Nous avons effectué des investigations afin de déterminer si des caractéristiques de croissance des plantules ne pourraient pas être expliquées par les caractéristiques morphologiques des graines et/ou par les coordonnées géographiques des provenances ou par les paramètres climatiques. Le tableau XV indique les modèles qui ont un effet significatif ( $P \leq 0,05$ ) et un coefficient de détermination assez élevé.

**Tableau XV** : Analyse de régression de la croissance des plantules de *P. africana*.

| Variable                  | Prédicateurs | Coef   | SE Coef | T     | P        |
|---------------------------|--------------|--------|---------|-------|----------|
| <b>Hauteur totale</b>     | Constante    | 35,601 | 0,44    | 81    | 0,000*** |
|                           | Longitude    | 0,2353 | 0,0806  | 2,92  | 0,009**  |
| <b>Nombre de Feuilles</b> | Constante    | 14,59  | 0,23    | 63,42 | 0,000*** |
|                           | Longitude    | 0,1153 | 0,04    | 2,73  | 0,014*   |
| <b>Diamètre au collet</b> | Constante    | 0,228  | 0,0398  | 5,71  | 0,000*** |
|                           | Poids        | 0,703  | 0,286   | 2,45  | 0,029*   |

\*Différence significative à 5% ; \*\*Différence significative à 1% ; \*\*\*Différence très hautement significative à 1‰.

**NB :** Ht : Hauteur totale ; DC : Diamètre au Collet ; Nf : Nombre de feuilles.

Les résultats ci-dessus indiquent que la hauteur totale et le nombre de feuilles de la plantule peuvent être prédits en fonction de la longitude (respectivement  $P=0,014$  et  $P=0,009$ ). De même, la croissance en diamètre des plantules peut être prédite par le poids des graines. Les modèles de régression correspondant sont présentés dans le tableau XVI.

**Tableau XVI** : Equations de régression de la hauteur moyenne et du nombre moyen de feuilles de *P. africana* en fonction de la longitude ainsi que celle du diamètre au collet de la plantule en fonction du poids moyen des graines.

| <b>Variab</b> les         | <b>Equation de la régression</b>   | <b>R<sup>2</sup></b> |
|---------------------------|------------------------------------|----------------------|
| <b>Hauteur totale</b>     | 35,601 + 0,2353 (Longitude)        | 0,321                |
| <b>Nombre de Feuilles</b> | 14,59 + 0,1153 (Longitude)         | 0,293                |
| <b>Diamètre au Collet</b> | 0,228 + 0,703 (Poids de la graine) | 0,317                |

**NB** : Ht : Hauteur totale ; DC : Diamètre au Collet ; Nf : Nombre de feuilles ; R<sup>2</sup> : Coefficient de détermination.

- **Comportement de la hauteur totale de *P. africana* en fonction de la longitude.**

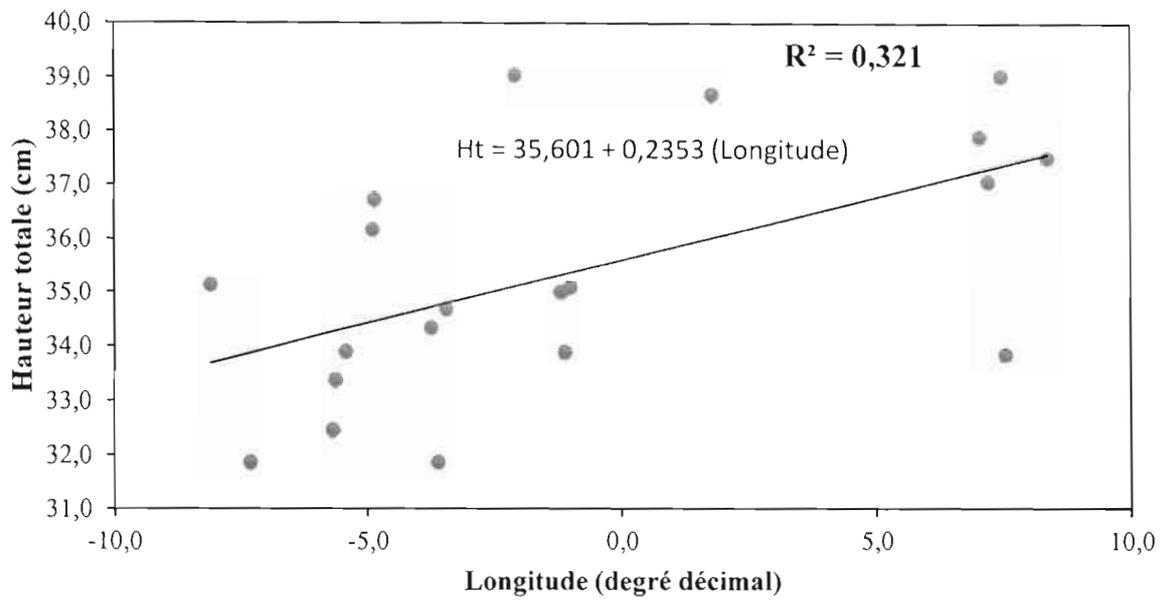
La figure 5 présente une fonction croissante de la hauteur des plantules en fonction de longitude. En effet, la hauteur moyenne des plantules de *P. africana* devient de plus en plus grande pour les provenances partant de l'Ouest vers l'Est de l'aire de distribution pour les pays considérés.

- **Comportement du nombre de feuilles de *P. africana* en fonction de la longitude.**

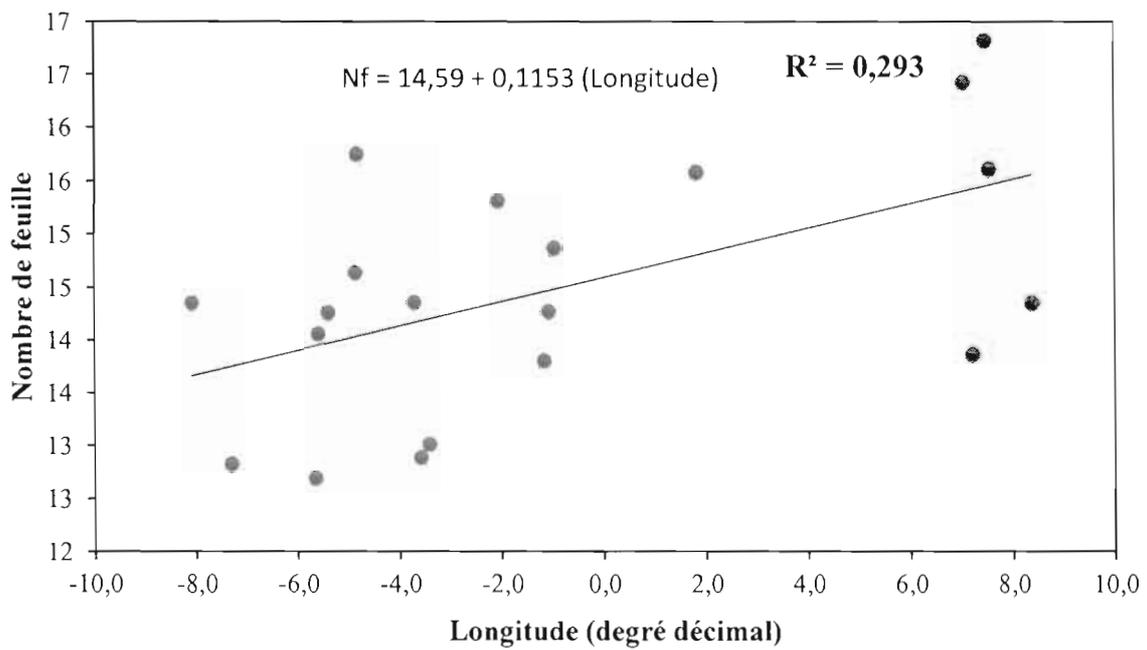
La régression du nombre moyen des feuilles des plantules en fonction de la longitude est présentée par la figure 6. Au regard de cette figure, on constate que le nombre moyen de feuilles des plantules de *P. africana* devient de plus en plus grand pour les provenances en allant de l'Ouest vers l'Est de l'aire de distribution pour les pays considérés.

- **Comportement du diamètre au collet de la plantule de *P. africana* en fonction du poids de la graine.**

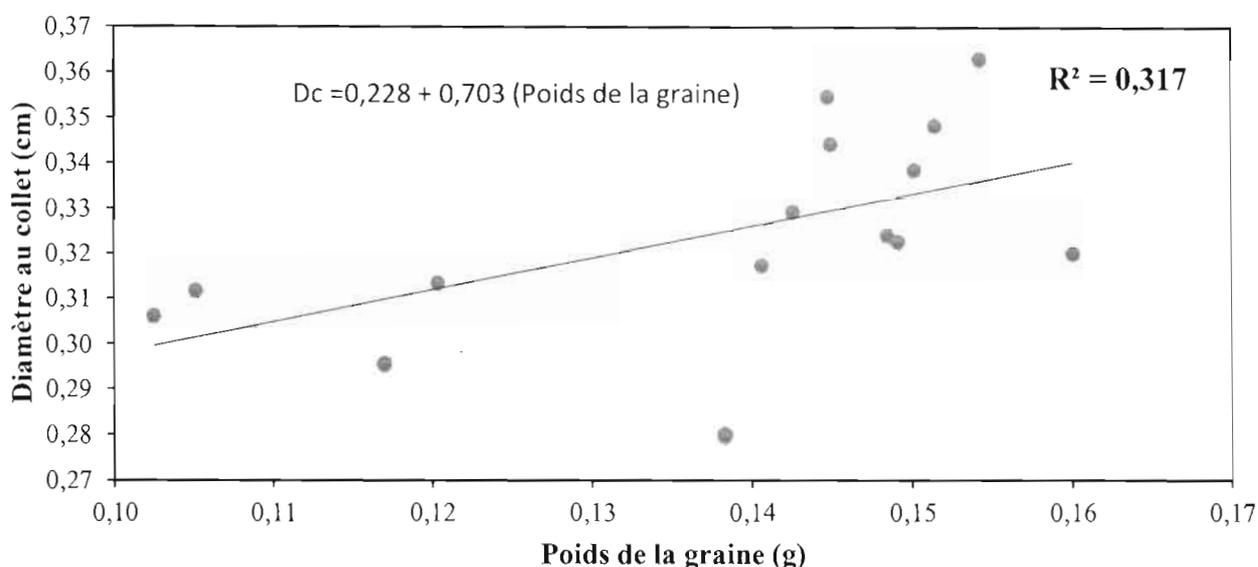
La figure 7 présente la régression du diamètre moyen au collet des plantules en fonction du poids moyen des graines. La figure indique qu'en moyenne, plus la graine de l'arbre mère *P. africana* est lourde, plus le diamètre au collet de la plantule sera grand.



**Figure 5** : Régression de la hauteur des plantules de *P. africana* en fonction de la longitude des données de la pépinière de Ouagadougou.



**Figure 6** : Régression du nombre moyen de feuilles des plantules de *P. africana* en fonction de la longitude.



**Figure 7** : Régression du diamètre au collet moyen de la plantule de *P. africana* en fonction du poids de la graine de l'arbre mère.

### III. 4 Taux de survie des plantules de *P. africana* des provenances de trois pays sahéliens de l'Afrique de l'Ouest.

#### III. 4. 1 Mise en évidence des différences entre les provenances

L'analyse de variance effectuée pour la variable taux de survie a révélé une différence très hautement significative ( $P < 0,000$ ) entre ces provenances (Tableau XVII).

**Tableau XVII** : Tableau d'analyse du taux de survie des plantules de *P. africana* des provenances de trois pays sahéliens Ouest africains.

| Variables      | Source     | ddl  | SC     | MC   | F    | P        |
|----------------|------------|------|--------|------|------|----------|
| Taux de survie | Provenance | 19   | 27,046 | 1,42 | 6,27 | 0,000*** |
|                | Bloc       | 3    | 4,404  | 1,47 | 6,47 |          |
|                | Erreur     | 1577 |        |      |      |          |
|                | Total      | 1599 |        |      |      |          |

\*\*\*Différence très hautement significative à 1%.

**NB :** ddl : degré de liberté ; SC : Somme des Carrés ; Moyenne des Carrés ; F : Fréquence ; P : Probabilité.

#### III. 4. 2 Comparaison des provenances

L'analyse de variance pour la variable taux de survie de la plantule, a révélé une différence très hautement significative entre les provenances ( $P < 0,000$ ). La comparaison des moyennes pour cette variable, a permis de distinguer 11 groupes (Tableau XVI). Le taux de survie moyen de l'ensemble des plantules est de  $57,55 \pm 32,3\%$ . L'annexe 4 indique que la provenance ayant le taux de survie le plus élevé est la provenance Bandougou du Burkina Faso

(73,13± 29,97%), tandis que celle ayant le plus faible taux de survie est la provenance FC Farako du Mali (43,13± 27,84%) 103 jours après semis.

**Tableau XVIII** : Taux moyen de survie de *P. africana* par provenance.

| <b>Provenance <sup>a</sup></b> | <b>PAYS</b>  | <b>Taux de survie(%)</b> |
|--------------------------------|--------------|--------------------------|
| <b>Bandougou</b>               | Burkina Faso | 73,13± 29,97a            |
| <b>Dan Mazadou</b>             | Niger        | 69,06± 32,62abc          |
| <b>Dan Saga</b>                | Niger        | 53,75± 34,24bcdef        |
| <b>Diapaga</b>                 | Burkina Faso | 55,00± 36,33bcdef        |
| <b>Elgueza</b>                 | Niger        | 61,25± 30,79abcde        |
| <b>FC Farako</b>               | Mali         | 43,13± 27,84f            |
| <b>Irinao</b>                  | Burkina Faso | 70,00± 31,67ab           |
| <b>Kadiola</b>                 | Mali         | 52,50± 32,46bcdef        |
| <b>Nahirindon</b>              | Burkina Faso | 56,88±30,29abcdef        |
| <b>Nakambé</b>                 | Burkina Faso | 50,31± 29,36def          |
| <b>Niangoloko</b>              | Burkina Faso | 63,44± 30,02abcd         |
| <b>Ouré</b>                    | Mali         | 59,38±35,25abcdef        |
| <b>Sae Saboua</b>              | Niger        | 53,75± 33,07bcdef        |
| <b>Tiakané</b>                 | Burkina Faso | 63,13± 27,55abcd         |
| <b>Tonséré</b>                 | Burkina Faso | 44,38± 30,29ef           |
| <b>Wayen</b>                   | Burkina Faso | 55,00± 30,66bcdef        |
| <b>Yanfolila</b>               | Mali         | 60,63±27,78abcdef        |
| <b>Yaouri</b>                  | Niger        | 51,56±37,6cdef           |
| <b>Yeimzuro</b>                | Burkina Faso | 58,44±30,02abcdef        |
| <b>Zangasso</b>                | Mali         | 56,25±31,95abcdef        |
| <b>Toutes les provenances</b>  |              | 57,55± 32,3              |

<sup>a</sup> Les moyennes de même colonne affectées d'une même lettre forment un groupe homogène à 95% de degré de confiance.

## **IV. DISCUSSION**

### **IV. 1 Variabilité morphologique des graines de *P. africana***

L'analyse de la variance réalisée pour les variables longueur, largeur, épaisseur, et poids de la graine, a révélé une différence très hautement significative entre les provenances. L'importance de la variabilité des graines entre les provenances est mise en exergue par le test de comparaison des moyennes qui a permis pour chaque variable, d'identifier plusieurs groupes qui se distinguent par des faibles et des fortes valeurs des caractéristiques des graines. Cela indique que les caractéristiques des graines seraient des facteurs de discrimination pertinents des provenances de *P. africana*. Ces résultats corroborent avec ceux de Diallo *et al.* (2007) qui ont mis en évidence l'existence d'une variabilité clinale de la morphologie des graines des provenances internationales de *Tamarindus indica*, une espèce agroforestière comme *P. africana*. De plus, les travaux de Ouédraogo (1995) ont montré une variabilité de l'épaisseur de la graine de néré en fonction de la longitude. En plus des facteurs environnementaux, les facteurs génétiques pourraient être à l'origine de la variabilité observée sur les graines de *P. africana*. Des investigations devront donc se poursuivre en milieu contrôlé (essai de provenances, vergers à graine) pour confirmer l'héritabilité des caractères observés chez les graines de l'espèce. Si ces caractères se révélaient être fortement héréditaires, ils pourront servir dans la définition de descripteurs pour caractériser les "variétés" ou écotypes qui viendraient à être identifier.

L'analyse de la régression a révélé que la caractéristique géographique (longitude) est significative dans l'expression du caractère poids des graines. En effet, les graines de *P. africana* deviennent de plus en plus lourdes lorsqu'on va des provenances de l'Ouest vers celles de l'Est de l'aire de distribution de l'espèce pour les pays considérés. Ainsi, la variation de la morphologie des graines de *P. africana* est clinale comme chez certaines espèces tropicales telles que *Parkia biglobosa*, (Ouédraogo 1995 ; Millogo 2014).

### **IV. 2 Caractéristique du taux de germination des graines de *P. africana* des provenances de trois pays sahéliens Ouest africains.**

L'analyse de la variance pour le taux de germination a révélé une différence hautement significative entre les provenances. Cette forte variabilité a été mise en évidence par le test de comparaison des moyennes qui a permis l'identification de 5 groupes de provenances avec des taux de germination variant de 50,78 à 80,94%. Cela dénote que le taux de germination des

graines serait un facteur de discrimination pertinent des provenances. Ces résultats corroborent avec ceux de Bambara (2014) et Akinagbe et Oni (2007) bien que ces auteurs aient étudiés des provenances locales de *P. africana* respectivement cinq du Mali et trois du Nigeria. Les taux de germination obtenus pour notre essai sont relativement satisfaisants par rapport à ceux de ces deux auteurs qui ont des taux variant de 30 à 90% pour les provenances du Mali et de 24 à 46% pour les provenances du Nigeria. Ce taux de germination très intéressant dans l'ensemble (allant de 50,78 à 80,94%) est dû aux recommandations de Ijomah et Udu (1998) qui dans leurs travaux ont préconisé comme prétraitement de *P. africana*, le trempage des graines dans de l'acide sulfurique à 98% pendant 30 minutes et ensuite les tremper dans de l'eau pendant 24h après un rinçage. Il est aussi dû à la période de semis car d'après Ahoton *et al.* (2009), la mise en germination des graines de *P. africana* en pleine saison pluvieuse donne des taux de mortalité élevés par fonte de semis à cause de l'humidité relative très élevée de l'air. La forte variation du taux de germination observée entre les provenances au sein du même essai quant à elle peut s'expliquer par l'existence de différence génétique entre les provenances ; cela peut être dû à des caractères adaptatifs corrélés aux conditions bioclimatiques locales (Zine Abidine *et al.*, 1999).

#### **IV. 3 Caractéristiques de la croissance des plantules de *P. africana* des provenances de trois pays sahéliens Ouest africains de chacun des deux essais.**

L'analyse de variance pour les caractéristiques de la croissance à savoir la variable hauteur de la plantule, le diamètre au collet et le nombre de feuilles a révélé une différence très hautement significative entre les provenances pour les deux essais. Cette forte variabilité a été mise en évidence par le test de comparaison des moyennes. Ainsi, la hauteur, le diamètre au collet et le nombre de feuilles seraient des facteurs de discrimination pertinents des provenances. De plus, le comportement des provenances diffère énormément d'un site à l'autre.

Les variations de la croissance de jeunes plants entre les provenances peuvent être dues à un facteur génétique tel que souligné par Baker *et al.* (1979). Ils ont indiqué que la croissance rapide des plantules sont plus liées aux facteurs génétiques des arbres mères qu'aux conditions et structure du sol, à la concurrence des mauvaises herbes et aux facteurs environnementaux. Cependant, Mahoney et Fins (1995) ont observé en outre que la hauteur des plantules semble être sous un contrôle génétique plus fort que les autres variables de la croissance. Par conséquent, la hauteur des plantules pourrait servir de trait de sélection de descendance génétiquement supérieures. Ces résultats corroborent ceux de Weber *et al.* (2015) qui ont

montré qu'il existe une différence significative entre les provenances pour la variable hauteur moyenne des plantules après huit (8) mois d'élevage en pépinière. Pour ces auteurs, le coefficient de variation pour les variables de croissance est plus élevé pour la hauteur des plantules que pour le rapport racine/tige en pépinière. Ceux-ci ont également indiqué que les provenances de *P. africana* des zones sèches, ayant les plus petits plants et les grands rapports racine/tige en pépinière présentent une meilleure croissance au champ 11 ans après plantation.

Les différences de comportement des provenances sur les deux sites (Ouagadougou et Kaya) peuvent être expliquées par les différences observées au niveau des paramètres climatiques des deux sites. La période de mise en place de chacun des deux essais pourrait avoir eu un impact négatif sur la croissance des plants dans le site de Kaya. En effet, la photopériode, tout comme la température, agit en déclenchant certains rythmes généraux chez les végétaux ligneux, comme la germination, la croissance et la floraison ; ces rythmes réalisent les meilleures conditions de leur adaptation aux climats régionaux (Roussel, 1973 ; Maillard *et al.*, 1987). La plasticité phénotypique qui est la capacité d'un organisme à exprimer différents phénotypes à partir d'un génotype donné selon des conditions environnementales (Agrawal, 2001), pourrait expliquer ces différences de comportement des provenances sur les deux sites. Ainsi, les provenances qui s'adaptent mieux à Ouagadougou sont différentes de celles qui s'adaptent à Kaya. Le choix des provenances dans les programmes d'amélioration doit donc tenir compte des conditions climatiques des zones dans lesquelles celles-ci seront implantées. La faible croissance des plantules de l'essai de Kaya peut être due à la période d'implantation de l'essai. En effet, les graines mises à germer en saison pluvieuse donne de forts taux de mortalité par fonte de semis à cause de l'humidité relative très élevée de l'air qui perturbe la germination et un retard de croissance dû à la fréquence des pluies qui perturbent le système racinaire en mettant les racines à nu (Ahoton *et al.*, 2009 ; Niang-Diop *et al.*, 2010).

L'analyse de la régression a révélé qu'une variable géographique (longitude) était significative à l'expression de certaines caractéristiques de la croissance (Hauteur totale, et le Nombre de Feuilles). En effet, au fur et à mesure qu'on se dirige de l'Ouest vers l'Est de l'aire de distribution de *P. africana* pour les provenances étudiées, la plantule présente une croissance rapide en hauteur avec une augmentation du nombre de feuilles. Ces résultats corroborent ceux de Weber *et al.* (2008) dont les études avaient révélé une variation clinale de la croissance de *P. africana* au champ. Pour ces auteurs, la croissance de *P. africana* est plus élevée pour les provenances du Nord et de l'Est. Selon Legay et Debouzie (1985), l'isolement géographique et les conditions locales du milieu influencent de manière significative les caractères adaptatifs

des provenances. Par ailleurs, Kundu *et al.*, (1998), ont signalé l'existence d'une interaction entre le génotype et son milieu. Aussi, plus la graine de l'arbre mère *P. africana* est lourde, plus le diamètre au collet de la plantule sera grand. Cela s'explique par le fait que durant les premiers instants de la germination, la graine puise dans sa propre réserve pour mettre en place le système racinaire de la plantule. Donc plus la graine est lourde, plus elle est supposée contenir des réserves pour la mise en place d'un système racinaire performant par lequel, la plantule puiserait les réserves de son environnement nécessaires à sa croissance. Ce qui entrainera donc un développement de la plante dans sa partie souterraine. Par contre l'analyse de la relation entre les paramètres de croissance (hauteur moyenne, diamètre moyen) des plantules, le taux de survie et les caractéristiques climatiques (pluviométrie, température) n'a pas révélé une relation significative

#### **IV. 4 Taux de survie des plantules de *P. africana* de vingt provenances de l'Afrique de l'Ouest.**

L'analyse de variance pour la variable taux de survie des plantules, a révélé une différence très hautement significative entre les provenances. Cette forte variabilité a été mise en évidence par le test de comparaison des moyennes qui a permis l'identification de 11 groupes. Ainsi, le taux de survie des plantules serait un facteur de discrimination pertinent des provenances. Les causes de la mortalité des plantules dans cet essai sont plus liées aux intempéries. En effet, durant la période de Juillet 2015, il y a eu des averses qui ont entraîné la mort des plantules au niveau de l'essai. Ces averses ont mis à nu les racines de quelques plantules entraînant la mort de celles-ci. Nous n'avons pas constaté d'attaques fongiques ou parasitaires de nos plantules durant toute la période de l'essai. La variation du taux de survie entre les provenances tout comme la variation de la croissance peut être due à un facteur génétique. En effet, d'après Gautier *et al.* (2002), l'espèce *P. africana* présente naturellement une forte résistance aux facteurs biotiques et abiotiques (feux de brousses, sécheresse, attaques fongiques et parasitaires...). Ainsi, cette résistance de l'espèce diffère d'une provenance à l'autre comme l'indique les résultats de nos travaux et pourrait être héréditaire.

## CONCLUSION ET PERSPECTIVES

*Prosopis africana* est une espèce à fonctions multiples mais qui est menacée de disparition. Par ailleurs, la faible disponibilité d'informations sur la variabilité génétique de l'espèce, constitue une entrave à sa domestication. La présente étude a investigué sur la variabilité morphologique des graines, leur germination et la croissance des plantules en pépinière de provenances internationales d'Afrique de l'Ouest de *Prosopis africana*, afin de contribuer à une meilleure connaissance de la variabilité génétique de l'espèce. De façon générale, l'étude de la variabilité morphologique des graines (longueur, largeur, épaisseur et poids), celle de la germination, de la croissance et de la survie, ont fait ressortir l'existence d'une importante variabilité entre les provenances ( $P = 0,000$ ). L'étude de la variabilité morphologique a mis en évidence, une variation longitudinale du poids de la graine. L'examen de la germination des graines de *Prosopis africana* a montré un taux de germination relativement intéressant pour l'ensemble de l'essai (57,55%) avec la provenance Yanfolila du Mali ayant le plus grand taux de germination (80,94%). Quant à l'examen de la croissance en pépinière, il a révélé une variation longitudinale de la hauteur totale et du nombre de feuilles de la plantule de l'espèce. La provenance Nahirindon du Burkina Faso avec une précipitation moyenne annuelle de 950 mm présente les meilleures caractéristiques de croissance ; ce qui veut dire que l'accent doit être mis sur les provenances locales qui sont plus accessibles. Cet examen a également révélé que la vigueur de la plantule est fonction du poids de la graine. Cette étude a mis en exergue une différence de comportement de la croissance de *Prosopis africana* entre les deux sites que sont Ouagadougou et Kaya ; la provenance qui se développe mieux à Kaya est différent de celle qui se développe mieux à Ouagadougou. De même, l'étude de la survie a révélé un taux de survie relativement satisfaisant pour l'ensemble de l'essai (57,55%) avec la provenance Bandougou au Burkina Faso ayant le plus grand taux de survie (73,13%).

Les résultats de l'étude pourraient servir dans les schémas de sélections et à l'amélioration génétique de l'espèce. Ils pourraient également contribuer à l'amélioration de la mise en place et de la gestion des ressources génétiques dans les banques de semences. En dépit de la pertinence de l'étude, la généralisation de ses résultats à grande échelle ne pourrait s'effectuer en raison de la taille réduite de l'échantillon de travail. Pour une meilleure appréhension de la variabilité génétique chez *Prosopis africana*, nous souhaitons que des études similaires soient menées pour obtenir le maximum d'informations sur toute l'aire de distribution de l'espèce. Il serait également judicieux d'explorer la variabilité génétique intra provenance de *Prosopis africana*. Afin de capitaliser les acquis de cette étude, et pour mieux

appréhender la domestication de *Prosopis africana*, il serait intéressant d'associer à ces travaux, des études faisant appel aux marqueurs génétiques qui serviront à déterminer les gènes responsables des caractères morpho-adaptatifs d'intérêt socio-économique. En outre, la poursuite des études de croissance et de survie des plants dans les essais de provenances de l'espèce déjà implantés à Dindéresso, Gonsé et Sargho correspondant aux trois zones principales zones phytogéographiques du Burkina Faso (respectivement Sud-soudanienne, Nord-soudanienne et sahélienne) où se rencontre l'espèce, permettrait de disposer d'informations suffisantes pour une meilleure sélection des provenances les plus perforantes par zone. Nous préconisons également de tester la croissance des plantules en pépinière pendant les différentes périodes de l'année pour vérifier l'effet de la période sur la croissance des plantules de *P. africana* en pépinière. En outre, il serait indiqué de tester pendant les différentes périodes de l'année la germination des provenances afin de vérifier l'effet de la période sur la croissance. Enfin, il serait judicieux de prendre en compte le ratio racine/tige dans les critères de sélection de l'espèce dans les futures investigations en pépinière.

## Bibliographie

- Agboola, D. A., 2004. *Prosopis Africana* (Guill. et Perr.) Taub. (Mimosaceae): Stem, roots and seeds in the economy of the savanna areas of Nigeria. *Economic botany* 58 (Supplement):S34-S42.
- Agrawal, A. A. (2001). "Phenotypic Plasticity in the Interactions and Evolution of Species." *Science's compass* (Vol. 294) pp 321-326
- Ahoton, L. E., Adjakpa, J. B., M'Po, M. I., et Akpo E. L., 2009. Effet des prétraitements des semences sur la germination de *Prosopis africana* (Guill. et Perr.) Taub., (Césalpiniacées). *Tropicultura* 27 (4): 233-238.
- Ajiboye, A. A. et Agboola, D. A., 2011. Effects of seed size and giberellic acid on seed germination of two savanna tree species: *Prosopis africana* (Guill. et Perr.) Taub. and *Dialium guineense* (Wild). Available from <http://nijbot.org/?p=245>.
- Ajiboye, A. A., Atayese, M. O., et Agboola, D. A., 2009. Effect of presowing treatment on seed germination and percentage starch content level in *Tamarindus indica* (L), *Prosopis africana* (Guill. & Perr.) Taub., *Parkia biglobosa* (Jacq.) R. Br. Don and *Albizia lebbek* (Benth). *Journal of Applied Sciences research* 5 (10): 1515-1519.
- Akaaimo, D. I. et Raji, A. O., 2006. Some Physical and Engineering Properties of *Prosopis africana* (Guill. et Perr.) Taub. seed. *Biosystems Engineering* 95 (2): 197–205.
- Akinnagbe, A. et Oni, O., 2007. Quantitative variations in the growth of progeny seedlings of *Prosopis africana* (Guill. & Perr.) Taub. plus trees in Nigeria.: 359–363.
- Arbonnier, M., 2002, *Arbre et arbustes et lianes des zones sèches d'Afrique de l'ouest*, CIRAD – MNHN, 2eme édition, 541 p.
- Aubréville, A., 1950, *Flore forestière soudano guinéenne*, AOF, Cameroun AEF, 523 p.
- Bakayoko, S. A., 2011 : *Gestion communautaire dans la forêt classée de la Comoé/Léraba*. Mémoire de maîtrise de Géographie, Université de Ouagadougou. 101p.
- Bambara, T. S., 2014. Etude de la variabilité morphologique et des caractéristiques des fruits et des grains de cinq provenances de *Prosopis africana* (Guill. & Perr.) Taub. du Mali. Rapport de fin de stage contrôleur. Enef. 38p.

- Baker, S. F., Theodore, W. D. et John A.H., 1979. Principles of Sylviculture. McGraw-Hill Book Company, New York. 2nd Ed. 500p.
- Barminas, J.T., Maina, H. M. et Ali, J., 1998: Nutrient content of *Prosopis africana* (Guill. & Perr.) Taub. seeds. *Plant foods for human nutrition*, 52(4): 325-328.
- Breman, H. et Kessler, J.J., 1995. Woody plants in agro-ecosystems of semi-arid regions. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 340 p.
- CNSF, 2010. Catalogue de semences forestières 2012 – 2015. Ouagadougou 19p.
- Dangasuk, O. G., Scurei, P. et Gudu, S., 1997. Genetic variation in seed and seedling traits of 12 African provenances of *F. albida* (Del). A. Chev. At Lodwar, Kenya. *Agrofor System* 37: 133-141.
- Dayamba, S. D., Tigabu, M., Sawadogo, L. et Oden, P. C., 2008. Seed germination of herbaceous and woody species of the sudanian savanna-woodland in response to heat shock and smoke. *Forest ecology and Management* 256: 462-470.
- Diallo, B. O., Joly, I. H., Hossaert-McKey, M., McKey, D. et Chevallier M. H., 2007. Genetic diversity of *Tamarindus indica* populations: Any clues on the origin from its current distribution? *African Journal of Biotechnology*. 6 (7): 853-860.
- Diamond, J., 1997. Guns, Germs and Steel: the fates of Human Societies. Vintage, Random House, London, UK.
- Djavanshir, K. et Pourbeik, H., 1976. Germination - A new formula. *Sylvae genetic* 25 (2). 79-83.
- Dommergues, Y., Duhoux, E. et Diem H. G., 1998, Les arbres fixateurs d'azote – Caractéristiques fondamentales et rôle dans l'aménagement des écosystèmes méditerranéens et tropicaux, CIRAD – FAO – IRD, 499 p.
- Fogg, G. E., 1970. The Growth of Plants. Penguin Books Ltd. England, 302p.
- Gautier, D., Hautdidier, B., Ntoupka, M., Onana, J., Perrot, N., et Tapsou, T., 2002. Fiches techniques des arbres utiles aux paysans du Nord Cameroun. Caractéristiques de l'arbre, ce qu'en font les paysans et ce qu'ils pourraient en faire.
- Geesing, D., Al-Khawlani M. et Abba, M. L., 2004. La gestion des espèces de *Prosopis* introduites: l'exploitation économique peut- elle juguler les espèces envahissantes? In

«Unasyuva n° 217, vol 55 ; Menaces pour les forêts». *Revue internationale des forêts et des industries forestières*, 55(2): 36-44.

Guinko, S., 1999. La diversité des ressources forestières du Burkina Faso, quelques aspects de leurs conservations et de leurs utilisations. In Ouédraogo A. S. et J-M. Boffa, éditeur. Vers une approche régionale des ressources génétiques forestières en Afrique Sub-saharienne. Actes du premier atelier régional sur la conservation et l'utilisation durable des ressources génétiques forestières en Afrique de l'Ouest, Afrique Centrale et Madagascar, 16-27 Mars 1998, CNSF Ouagadougou IPGRI.

Ibrahim, A. M., Fagg, C. W. et Harris, S. S., 1997. Seed and seedling variation among provenances in *Faidherbia albida*. *For Ecol Manag* 97: 197-205.

Ijomah, J.U. et Udu, M., 1998. Effects of Various Pre-germination Treatments on Seeds of *Prosopis africana* (Guill. et Perr.) Taub. and *Tamarindus indica* (Linn.) *Global J. Pure Appl. Sci.* 4(4): 369 – 373.

Kundu, S. K., Islam Q. N., Emmanuel, G. J. S. K. et Tigerstedt, P. M. A., 1998. Observation on genotype x environment interactions and stability in the international neem (*Azadirachta indica* A. Juss) provenance trials in Bangladesh and India. *Forest genetics* 5: 35-96pp.

Ky-Dembélé, C., Tigabu, M., Bayala, J. et Odén, P. C., 2014. Inter and intra-specific provenances variations in seed size and seedling characteristics of *Khaya senegalensis*. A. Juss in BF. *Agrofor Syst.* 88: 311-320. Doi: 10.1007/S10547-014-9684-7.

Legay, J. M. et Debouzie, F. A., 1985. Introduction à la biologie des populations. Masson, Paris. 512p.

Louis Roussel, 1973. Sylviculture et Physiologie Végétale. Un nouveau venu en physiologie végétale : le phytochrome. *Bois et forêts des Tropiques*. N° 149 Mai-Juin 1973 : 53-57.

Mahamane, S., 1999. Réseau «Espèces Ligneuses Médicinales », In Programme de ressources forestières en Afrique au sud du Sahara (Programme SAFORGEN). Compte rendu de la première réunion du Réseau 15-17 Décembre 1999. Station UTA Cotonou, Bénin. Rapport du Niger, pp 46-61.

Mahoney, R. L. et Fins, L., 1995. Genetic Improvement of Private Woodland Ecosystems in the Pacific Northwest. Bulletin No. 774, College of Agriculture, University of Idaho, Idaho USA. pp. 12.

- Maillard, P., Jacques, M., Miginiac, E. et Jacques R., 1987. Croissance de jeunes *Terminalia superba* en conditions contrôlées. *Annales des sciences forestières*, 1987, 44 (1): 67-84.  
<hal-00882404>
- Maydell, H. J., 1983. Arbres et arbustes du Sahel: leurs caractéristiques et leurs utilisations. Schftenreihe der GTZ n° 147, ESCHO, 531p.
- Millogo, D., 2014. Etudes des caractéristiques morphologiques et de la viabilité des semences de *Parkia biglobosa* (Jacq.) R. Br. ex G. Don. – germoplasme de conservation à long terme A 4°C. Mémoire de fin d'étude, IDR/UPB.42p.
- Montes, C. S., Da Silva, D. A., Garcia, R. A., Muñiz, G. I. B. et Weber, J. C., 2011. Calorific value of *Prosopis africana* (Guill. et Perr.) Taub. and *Balanites aegyptiaca* (L.) Del. wood: relationships with tree growth, wood density and rainfall gradients in the West African Sahel. *Biomass and Bioenergy* 35: 346-353.
- Morgenstern, E. K., 1996. Geographic variation in forest trees: genetic basis and application of knowledge in silviculture. University of British Columbia Press Vancouver.
- Niang-Diop, F., Sambou, B. et Lykke, A. M., 2010. Contraintes de régénération naturelle de *Prosopis africana* (Guill. et Perr.) Taub. : Facteurs affectant la germination des graines. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*. 4(5): 1693-1705.
- Ouédraogo A. S., 1995. *Parkia biglobosa* (Jacq.) Benth. (Leguminosae) en Afrique de l'Ouest: Biosystématique et Amélioration. Thèse doctorat Wageningen en University, Institute for Forestry and Nature Research, IBN-DLO, 205p.
- Ouédraogo, S., 2006. Potentialités fourragères et essai d'amélioration de la valeur nutritive de trois ligneux fourragers: *Piliostigma thonningii* Schumach Mile-Redh, *Piliostigma reticulatum* (D.C) Hoscht et *Khaya senegalensis* (Desr.) A. Juss. Mémoire de fin d'étude, IDR/UPB.61p.
- Okafor, J. C., 1981. Essences forestières pour l'agroforesterie dans le sud du Nigéria. In «MAC DONALD L.H., Agroforesterie en Afrique tropicale humide ». Compte rendu d'un colloque tenu à Ibadan, Nigéria 27 avril-1" mai 1981. NRST-17FIUNUP-467.188p.
- Pasiecznik, N. M., Harris, P. J. C. et Smith, S. J., 2004. Identifying Tropical *Prosopis* Species: A Field Guide. Henry DoubledayResearch Association (HDRA), Coventry. 40 p.

- Saré, S., 2004. Potentialités fourragères et effets de l'élevage extensifs sur la biodiversité végétale dans la réserve de biosphère de la mare aux hippopotames (Ouest Burkinabé). Mémoire d'ingénieur. IDR/UPB 92p + annexes.
- Shelton, H. M., 1999. Légumineuses fourragères tropicales dans les systèmes d'agroforesterie. Consulté sur Internet sur le site web: <http://W\vw.fao.org/docrep/x3989tU6.htm> le 28/08/15.
- Sneizko, R. A. et Stewart H. T. L., 1989. Range-Wide provenance variation in growth and nutrition of *Acacia albida* seedlings propagated in Zimbabwe. *For Ecol Manag* 27: 179-197.
- SP/CONEDD, 2010. Convention sur la Diversité Biologique, Quatrième rapport à la conférence des parties. Burkina Faso. 99p.
- Tarchiani, V. et Ouédraogo, L. G., 2007. Evaluation des potentialités des initiatives de reforestation MDP dans le sahel: une analyse spatiale à l'échelle régionale. AfricaGIS. 17-21 septembre 2007. Ouagadougou, Burkina Faso. 18p.
- Toutain, B., 1980. Le rôle des ligneux pour l'élevage dans les zones soudaniennes de l'Afrique de l'ouest. In « Le Houérou H.N., Les fourrages ligneux en Afrique : état actuel des connaissances ». Colloque international sur les fourrages ligneux en Afrique. Addis-Abeba, Ethiopie 8-12 avril 1980. CIPEA, pp 105-110.
- Weber, J. C., Larwanou, M., Abasse, T. A., Kalinganire, A., 2008. Growth and survival of *Prosopis africana* (Guill. et Perr.) Taub. provenances tested in Niger and related to rainfall gradients in the West African Sahel. *Forest Ecology and Management* 56: 585–592. doi:10.1016/j.foreco.2008.05.004
- Weber, J. C., Montes, C. S., Kalinganire, A., Abasse T., Larwanou, M., 2015. Genetic variation and clines in growth and survival of *Prosopis africana* (Guill. et Perr.) Taub. from Burkina Faso and Niger: comparing results and conclusions from a nursery test and a long-term field test in Niger. DOI 10.1007/s10681-015-1413-4.
- Zine El Abidine, A., Zaidi, A. et Niass, M.F. 1996. La germination des graines du genévrier rouge (*Juniperus phoenicea* L.). *Ann. Rech. For. Maroc*, 29: 1-23.



Date : .....

N°FICHE : .....

Bloc : .....

**Annexe 2 : Fiche de collecte des données de croissance**

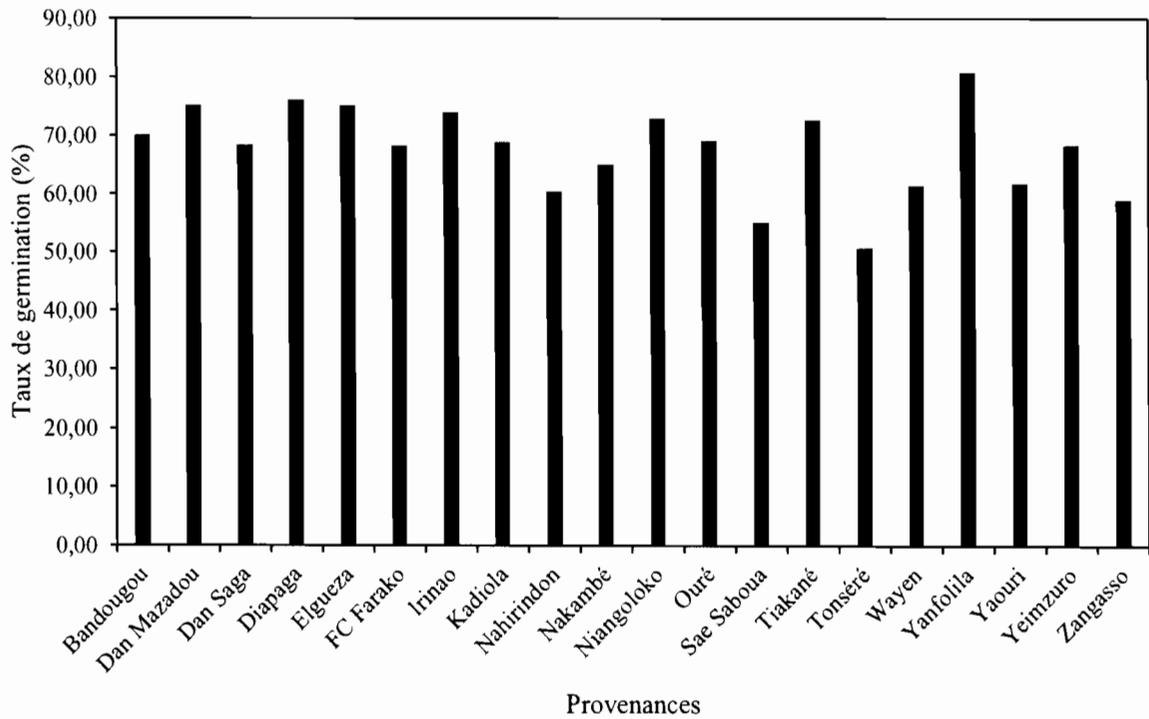
Provenance : .....

| N°A | REP | Ht(cm) | Dc(cm) | Nf | obs. |
|-----|-----|--------|--------|----|------|
| 1   | 1   |        |        |    |      |
|     | 2   |        |        |    |      |
|     | 3   |        |        |    |      |
|     | 4   |        |        |    |      |
| 2   | 1   |        |        |    |      |
|     | 2   |        |        |    |      |
|     | 3   |        |        |    |      |
|     | 4   |        |        |    |      |
| 3   | 1   |        |        |    |      |
|     | 2   |        |        |    |      |
|     | 3   |        |        |    |      |
|     | 4   |        |        |    |      |
| 4   | 1   |        |        |    |      |
|     | 2   |        |        |    |      |
|     | 3   |        |        |    |      |
|     | 4   |        |        |    |      |
| 5   | 1   |        |        |    |      |
|     | 2   |        |        |    |      |
|     | 3   |        |        |    |      |
|     | 4   |        |        |    |      |
| 6   | 1   |        |        |    |      |
|     | 2   |        |        |    |      |
|     | 3   |        |        |    |      |
|     | 4   |        |        |    |      |
| 7   | 1   |        |        |    |      |
|     | 2   |        |        |    |      |
|     | 3   |        |        |    |      |
|     | 4   |        |        |    |      |
| 8   | 1   |        |        |    |      |
|     | 2   |        |        |    |      |
|     | 3   |        |        |    |      |
|     | 4   |        |        |    |      |
| 9   | 1   |        |        |    |      |
|     | 2   |        |        |    |      |
|     | 3   |        |        |    |      |
|     | 4   |        |        |    |      |
| 10  | 1   |        |        |    |      |
|     | 2   |        |        |    |      |
|     | 3   |        |        |    |      |
|     | 4   |        |        |    |      |

| N°A | REP | Ht(cm) | Dc(cm) | Nf | obs. |
|-----|-----|--------|--------|----|------|
| 11  | 1   |        |        |    |      |
|     | 2   |        |        |    |      |
|     | 3   |        |        |    |      |
|     | 4   |        |        |    |      |
| 12  | 1   |        |        |    |      |
|     | 2   |        |        |    |      |
|     | 3   |        |        |    |      |
|     | 4   |        |        |    |      |
| 13  | 1   |        |        |    |      |
|     | 2   |        |        |    |      |
|     | 3   |        |        |    |      |
|     | 4   |        |        |    |      |
| 14  | 1   |        |        |    |      |
|     | 2   |        |        |    |      |
|     | 3   |        |        |    |      |
|     | 4   |        |        |    |      |
| 15  | 1   |        |        |    |      |
|     | 2   |        |        |    |      |
|     | 3   |        |        |    |      |
|     | 4   |        |        |    |      |
| 16  | 1   |        |        |    |      |
|     | 2   |        |        |    |      |
|     | 3   |        |        |    |      |
|     | 4   |        |        |    |      |
| 17  | 1   |        |        |    |      |
|     | 2   |        |        |    |      |
|     | 3   |        |        |    |      |
|     | 4   |        |        |    |      |
| 18  | 1   |        |        |    |      |
|     | 2   |        |        |    |      |
|     | 3   |        |        |    |      |
|     | 4   |        |        |    |      |
| 19  | 1   |        |        |    |      |
|     | 2   |        |        |    |      |
|     | 3   |        |        |    |      |
|     | 4   |        |        |    |      |
| 20  | 1   |        |        |    |      |
|     | 2   |        |        |    |      |
|     | 3   |        |        |    |      |
|     | 4   |        |        |    |      |

NB : N°A=Numéro arbre Ht= hauteur totale Dc= diamètre au collet Nf = nombre de feuille

**Annexe 3 :** Taux moyen de germination de 20 provenances de *P. africana* de trois pays sahéliens Ouest africains.



**Annexe 4 :** Taux moyen de survie de 20 provenances de *P. africana* de trois pays sahéliens Ouest africains.

