

**BURKINA FASO**  
**UNITE-PROGRES-JUSTICE**

.....  
**MINISTERE DES ENSEIGNEMENTS SECONDAIRE ET SUPERIEUR**

.....  
**UNIVERSITE POLYTECHNIQUE DE BOBO-DIOULASSO**

.....  
**INSTITUT DU DEVELOPPEMENT RURAL**



**MEMOIRE DE FIN DE CYCLE**

**En vue de l'obtention du**

**DIPLOME D'INGENIEUR EN VULGARISATION ADGRICOLE**

**THEME**

**Etude de Cycle de développement, production de  
biomasse, qualité fourragère et effet sur la fertilité du  
sol de quelques légumineuses fourragères**

**Présenté par : Ido Ebou Jacqueline**

**Directeur de Mémoire : Dr Salifou Ouédraogo**

**Maître de Stage : Mr Souleymane Ouédraogo**

**N° 2016/**

**Mars 2016**

BURKINA FASO  
UNITE-PROGRES-JUSTICE  
MINISTERE DES ENSEIGNEMENTS SECONDAIRE ET SUPERIEUR

.....  
UNIVERSITE POLYTECHNIQUE DE BOBO-DIOULASSO

.....  
INSTITUT DU DEVELOPPEMENT RURAL

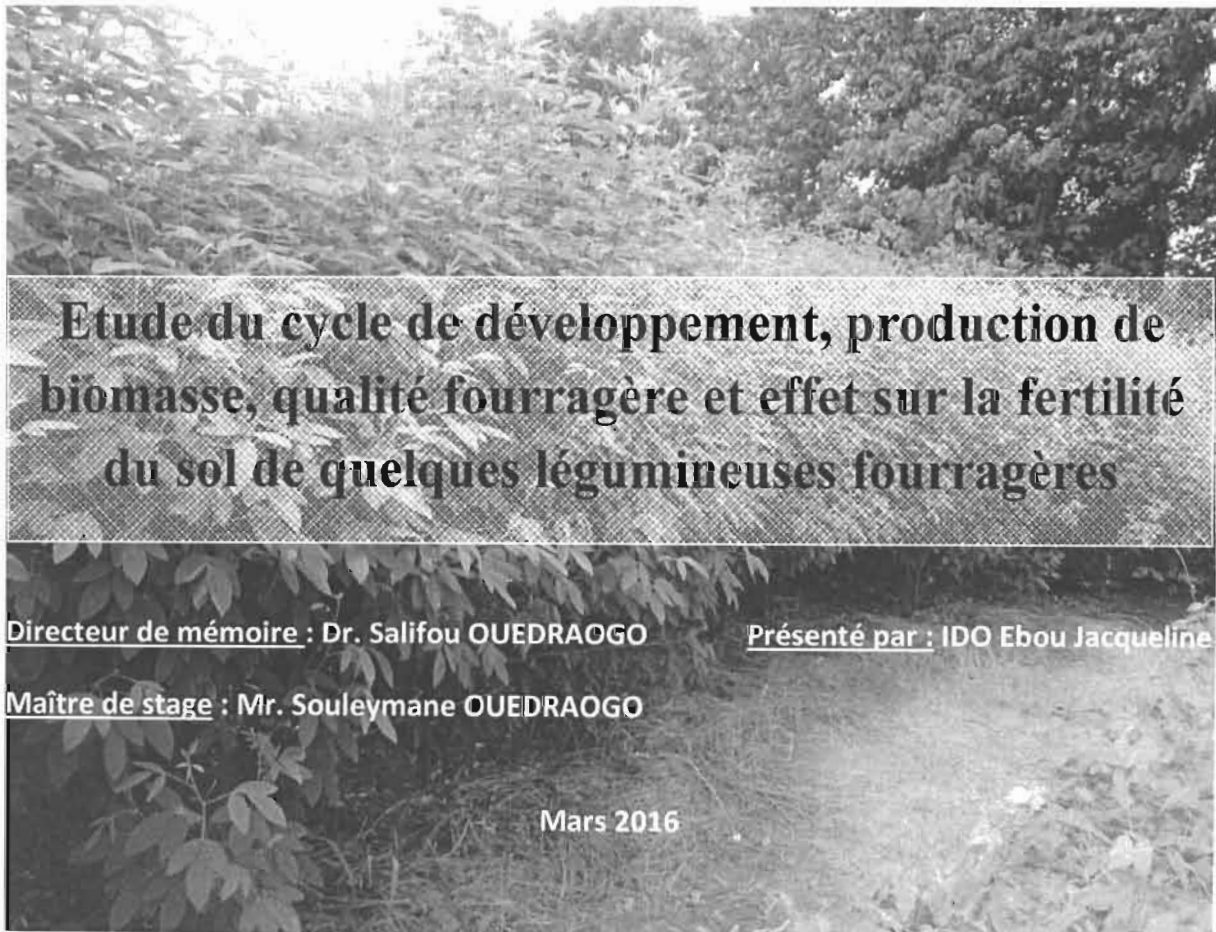


MEMOIRE DE FIN DE CYCLE

En vue de l'obtention du

DIPLOME D'INGENIEUR EN VULGARISATION AGRICOLE

THEME :



**Etude du cycle de développement, production de biomasse, qualité fourragère et effet sur la fertilité du sol de quelques légumineuses fourragères**

Directeur de mémoire : Dr. Salifou OUEDRAOGO

Présenté par : IDO Ebou Jacqueline

Maître de stage : Mr. Souleymane OUEDRAOGO

Mars 2016

**TABLE DES MATIERES**

<b>LISTE DES ABREVIATIONS ET SIGLES</b> .....	<b>V</b>
<b>LISTE DES FIGURES</b> .....	<b>VI</b>
<b>LISTE DES TABLEAUX</b> .....	<b>VI</b>
<b>INTRODUCTION</b> .....	<b>1</b>
<b>I. GENERALITES</b> .....	<b>4</b>
<b>I.1. LE MUCUNA</b> .....	<b>4</b>
<i>I.1.1. Description de la plante du Mucuna</i> .....	<b>4</b>
<i>I.1.2. Technique culturale du Mucuna</i> .....	<b>4</b>
<i>I.1.3. Ecologie et production du Mucuna</i> .....	<b>5</b>
I.1.3.1. L'écologie du Mucuna.....	<b>5</b>
I.1.3.2. La productivité du Mucuna.....	<b>5</b>
<i>I.1.4. Valeur nutritive et la composition chimique du Mucuna</i> .....	<b>5</b>
<i>I.1.5. Importance du Mucuna</i> .....	<b>8</b>
I.1.5.1 Utilité du Mucuna sur le plant agronomique.....	<b>8</b>
I.1.5.2. Utilisation du Mucuna en alimentation animale.....	<b>9</b>
I.1.5.3. Utilisation du Mucuna dans l'alimentation humaine.....	<b>10</b>
I.1.5.4. Autres utilités du Mucuna.....	<b>11</b>
<b>I.2. CAJANUS CAJAN</b> .....	<b>11</b>
<i>I.2.1. Description</i> .....	<b>11</b>
<i>I.2.2. Technique culturale</i> .....	<b>12</b>
<i>I.2.3. Ecologie et production</i> .....	<b>13</b>
I.2.3.1. L'écologie du Cajanus cajan.....	<b>13</b>
I.2.3.2. La Productivité.....	<b>13</b>
<i>I.2.4. Valeur nutritionnelle du pois d'angole</i> .....	<b>14</b>
<i>I.2.5. Utilité du Cajanus cajan</i> .....	<b>14</b>
I.2.5.1. Rôle du Cajanus cajan en agronomie.....	<b>14</b>
I.2.5.2. Utilisation du Cajanus cajan dans alimentation animale.....	<b>14</b>
I.2.5.3. Utilisation du Cajanus cajan dans alimentation humaine.....	<b>15</b>
I.2.5.4. Autres utilités du Cajanus cajan.....	<b>15</b>
<b>I.3. LE NIEBE</b> .....	<b>16</b>
<i>I.3.1 Description de la plante du niébé</i> .....	<b>16</b>
<i>I.3.2. Ecologie et production</i> .....	<b>17</b>
I.3.2.1. L'écologie.....	<b>17</b>
I.3.2.2. La productivité du niébé.....	<b>18</b>
<i>I.3.3. Valeur nutritionnelle du niébé</i> .....	<b>18</b>
<i>I.3.4. Importance du niébé</i> .....	<b>19</b>
I.3.4.1. Rôle du niébé en agronomie.....	<b>19</b>
I.3.4.2. Utilisation du niébé en alimentation animale.....	<b>19</b>
I.3.4.3. Utilisation du niébé en alimentation humaine.....	<b>20</b>
I.3.4.4. Autre utilités du niébé.....	<b>20</b>
<b>II. MATERIELS ET METHODES</b> .....	<b>22</b>
<b>II.1. MATERIELS</b> .....	<b>22</b>
<b>II.2. METHODES</b> .....	<b>22</b>
<b>II.2.1. Site d'étude</b> .....	<b>22</b>
<b>II.2.2. Dispositif expérimental</b> .....	<b>23</b>
<b>II.3. PARAMETRES OBSERVES ET TECHNIQUES DE MESURE:</b> .....	<b>25</b>

II.3.1. Mesure de la hauteur et nombre de ramifications.....	25
II.3.2. Evaluation de la biomasse.....	25
II.3.3. Détermination de la composition chimique des organes végétaux.....	25
II.3.3.1. Dosage de la teneur en azote selon la méthode Kjeldhal .....	25
II.3.3.2. Dosage des minéraux .....	26
II.3.4. Evaluation de la production des graines .....	26
II.3.5. Prélèvement et Analyses des échantillons de sol au laboratoire.....	26
II.3.5.1. Evaluation de l'activité microbiologique du sol.....	26
II.3.5.2. Evaluation de la minéralisation de l'azote du sol .....	27
II.4. ANALYSE STATISTIQUE : .....	27
<b>III. RESULTATS-DISCUSSION .....</b>	<b>29</b>
III.1. CYCLE DE DEVELOPPEMENT DES PLANTS.....	29
III.1.1. Longueur des ramifications des plantes de niébé fourrager .....	29
III.1.2. Longueur des ramifications des plantes de <i>Mucuna deeringiana</i> .....	30
III.1.3. Hauteur des plantes de <i>Cajanus cajan</i> par densité de semis.....	30
III.1.4. Ramification des espèces .....	32
III.1.4.1. Ramification des plantes de niébé fourrager .....	32
III.1.4.2. Ramification des plantes de <i>Mucuna deeringiana</i> .....	33
III.1.4.3. Ramification des plantes de <i>Cajanus cajan</i> .....	34
III.2. PRODUCTION DE BIOMASSE .....	35
III.2.1. Rendement en biomasse totale des trois variétés de légumineuses .....	35
III.2.2. Répartition de la biomasse selon les organes végétatifs de <i>Cajanus cajan</i> .....	38
III.3. PRODUCTION DE GRAINES DES VARIETES DE CAJANUS CAJAN ETUDIEES .....	39
III.4. COMPOSITION CHIMIQUE DE LA BIOMASSE DE CAJANUS CAJAN .....	40
III.5. IMPACT DES CULTURES SUR LA FERTILITE DU SOL.....	43
III.5.1. Effet de la culture sur l'activité biologique du sol.....	43
III.5.2. Effet de la variété de pois d'angole sur l'activité biologique du sol .....	45
III.5.3. Minéralisation de l'azote dans le sol.....	47
<b>BIBLIOGRAPHIE.....</b>	<b>51</b>

## **Dédicace**

Tout l'honneur et le plaisir sont pour moi de dédier mon présent mémoire à :

La mémoire de mon père feu IDO Bademè qui m'a toujours encouragée et soutenue dans mes études;

Ma mère NEZIEN Ayima pour ses énormes sacrifices et sa contribution tant remarquable à ce que je suis aujourd'hui ;

Mon mari OUEDRAOGO Hamidou pour ses multiples soutiens ;

Ma fille OUEDRAOGO Hania Aurelia Fleurine que j'aime de tout cœur ;

Ma nièce IDO Essoue Bienvenue ;

Mes frères et sœurs qui ont toujours su être à mes côtés ;

Mes oncles et à mes tantes ;

Ma meilleure amie COULYBALI Abibatou ;

Mes amis.

## **Remerciements**

Ce mémoire d'ingénieur est le résultat des efforts conjugués de plusieurs personnes qui ont rendu possible la réalisation de ce document.

Nos sincères remerciements vont :

A Monsieur OUEDRAOGO Souleymane notre maître de stage et Chef du programme Gestion des Ressources Naturelles (GRN/SP) pour avoir nous accepter dans sa structure;

A Monsieur OUATTARA Sié Amoro, aux Techniciens DABILOUGOU Salam, SANOU Sogo et la secrétaire Mme DIAKITE Mariam pour leur disponibilité et leur générosité ;

A Monssieur BACYE Bernard, notre directeur d'institut qui nous a mis en contact avec nos maitres de stage ;

Au Docteur OUEDRAOGO Salifou pour l'encadrement et les multiples conseils donnés malgré ses occupations ;

A nos enseignants de l'Institut du Développement Rural (IDR) pour les enseignements qu'ils nous ont livrés ;

A Tout le personnel du programme GRN/SP;

A mon mari OUEDRAOGO Hamidou pour son soutien sans faille, ses encouragements et sa présence à tout moment ;

A ma mère NEZIEN Ayima pour sa présence et son soutien ;

A Monssieur NAON Bitibolè pour sa collaboration ses conseils et soutiens ;

A Mr SAWADOGO Saïbou qui m'a beaucoup aidé dans mes recherches ;

A la famille IDO et YOGO pour leurs multiples soutiens;

A SANOU Drissa, PARE et BONI pour leur contribution;

A Mes promotionnaires du département de vulgarisation pour la solidarité et l'ambiance qui ont prévalu durant toute la durée de notre formation ;

A tous ceux dont les noms n'ont pu être cités ici. Qu'ils soient comblés au-delà de leurs attentes.

## Liste des abréviations et sigles

**CAP/M:** Centre Agricole Polyvalent de Matourkou

**D.R.R.E.A:** Direction Régionale de Recherches Environnementales et Agricoles

**G.R.N.S.P:** Gestion des Ressources Naturelles et Systèmes de Production.

**I.N.E.R.A:** Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles

**CEC:** Capacité d'Echange Cationique

**MS:** Matière Sèche

**PCEV:** Plantes de Couvertures et Engrais Vert

**MAD:** Matières Azotées Digestibles

**MAT :** Matières Azotées Totales

**CP :** Crude Protein

**N:** Azote

**V.R.F.A:** Valeur de Remplacement en Fertilisation Azotée

**HU :** Unité d'Hémagglutinine

**pH:** Potentiel d'Hydrogène

**CO<sub>2</sub>:** Dioxyde de carbone ou gaz carbonique

**CEA:** Capacité d'Echange Anionique

**HCl:** acide chlorhydrique

**NaOH:** Hydroxyde de sodium

**N:** normalité

**Q (mg):** quantité de CO<sub>2</sub> en (mg)

**P:** phosphore

**Ca :** Calcium

**JAS:** jours après semis

**Var:** variété

**%:** pourcentage

## Liste des figures

Figure 1 : Evolution de la longueur des ramifications des plantes de niébé fourrager en fonction de la densité de semis .....	29
Figure 2 : Evolution de la longueur des ramifications des plantes de <i>Mucuna deeringiana</i> en fonction de la densité de semis .....	30
Figure 3 : Evolution de la hauteur des plantes de <i>Cajanus cajan</i> en densité de semis 1 .....	31
Figure 4 : Evolution de la hauteur des plantes de <i>Cajanus cajan</i> à la densité de semis 2 .....	32
Figure 5 : Evolution du nombre de ramifications des plantes de niébé fourrager en fonction de la densité de semis .....	33
Figure 6 : Evolution de la ramification des plantes de <i>Mucuna deeringiana</i> en fonction de la densité de semis .....	34
Figure 7 : Evolution du nombre de ramification des plants de <i>Cajanus cajan</i> à la densité de semis 80 cm x 40 cm .....	34
Figure 8 : évolution du nombre de ramification des plants de <i>Cajanus cajan</i> à la densité de semis 40 cm x 40 cm .....	35
Figure 9 : Production de graines des variétés de pois d'angole étudiées .....	39
Figure 10 : évolution de la quantité de CO <sub>2</sub> en fonction du temps (témoin et densité 1).....	44
Figure 11 : évolution de la quantité de CO <sub>2</sub> en fonction du temps (témoin et densité 2).....	44

## Liste des tableaux

Tableau 1 : Teneur en acides aminés présents dans les graines de <i>Mucuna</i> non spécifiés en % MS.....	6
Tableau 2 : Teneur des minéraux et facteurs antinutritionnels contenus dans les graines de <i>Mucuna</i> (%MS).....	7
Tableau 3 : Teneur de certaines composantes présentes dans les graines de <i>Mucuna</i> en pourcentage (%).....	8
Tableau 4 : Teneur en constituants et acides aminés des graines de niébé .....	19
Tableau 5 Composition minérale de fanes du niébé (le cendre et macro éléments en g/kg de MS et ppm/MS pour le sodium et Oligoéléments).....	20
Tableau 6 : Répartition des traitements dans les répétitions (bloc) .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Tableau 7 : Rendement en biomasse totale (kg MS/ha) .....	36
Tableau 8 : Rendement moyen en biomasse totale des 10 variétés de <i>Cajanus</i> (kg MS/ha) .....	37
Tableau 9. Rendement des organes dans la biomasse de <i>Cajanus cajan</i> (en %) .....	38
Tableau 10 : Teneur en MAT totales des organes de plantes de variétés de <i>Cajanus cajan</i> (% MS)....	40
Tableau 11 : Teneur en Phosphore (P) total des organes de plantes de variétés de <i>Cajanus cajan</i> (mg/kg MS) .....	41
Tableau 12 : Teneur en Calcium (Ca) total des organes de plantes de variétés de <i>Cajanus cajan</i> (mg/kg MS).....	42
Tableau 13 : Cumule total de la quantité de CO <sub>2</sub> par les légumineuses en fonction de la densité de semis (en mg/100 g de sol).....	43
Tableau 14 : Effet de la variété de pois d'angole sur le Cumul de CO <sub>2</sub> dégagé durant les 28 jours d'observation.....	45
Tableau 15 : Teneur du sol en NH <sub>4</sub> en fonction du précédent cultural (mg/kg sol sec avec n = 2).....	48



## Résumé

La culture des légumineuses fourragères, à l'instar de l'intensification de l'intégration agriculture-élevage, est envisagée comme une des solutions au problème de la dégradation des terres cultivables. La présente étude vise une meilleure connaissance de ces légumineuses à travers leur évaluation agronomique. Ainsi, douze variétés de légumineuses dont dix variétés de *Cajanus cajan* (pois d'angole), une variété de *Mucuna deeringiana* (Mucuna) et une variété de *Vigna unguiculata* (niébé fourrager) ont été semées dans un dispositif expérimental en bloc complètement randomisé comprenant deux densités de semis 80 cm x 40 cm (densité 1) et 40 cm x 40 cm (densité 2) avec quatre répétitions. L'étude a consisté en la caractérisation du cycle de développement des plantes retenues ; l'évaluation de leur production de biomasse ainsi que la qualité fourragère de cette biomasse ; et enfin l'évaluation de l'effet de leur culture sur la fertilité du sol. Les résultats ont montré que la croissance juvénile du pois d'angole a été plus lente que celle du *Mucuna* et du niébé. Par contre, c'est la plante qui a eu le plus de ramification. La densité de semis n'a pas eu d'effet significatif sur la croissance de ces légumineuses et aussi sur la ramification du *Mucuna* et du niébé. Cependant, les nombres de rameaux des variétés du pois d'angole obtenus à la densité 1 (6-11) sont relativement supérieurs à ceux enregistrés à la densité 2 (5-9). La biomasse totale la plus élevée obtenue 90 jours après le semis avec le *Mucuna*, le niébé, et le pois d'angole (1100, 900, et 300 kg MS/ha, respectivement) a été récoltée à la densité 2. Le caractère pérenne du pois d'angole lui a permis d'accumuler davantage de biomasse au-delà de cette date. Ainsi le rendement moyen en biomasse totale le plus élevé a été enregistré à la densité 2 avec les variétés ICL85063 et ICPH2671\_PUSKHAL (2,5 t MS/ha) à la fin de la première année de culture. Les variétés ICPL7035\_GUMU4, ICPL332\_ABAAYA, FKB\_ROUGE et ICPL8863\_MARUTI ont montré des teneurs en Matières Azotées Totales intéressantes de plus de 18%. Pour la densité de semis 1, le *Mucuna* a enregistré une respirométrie supérieure à celle du pois d'angole et du niébé fourrager 71,94 Mg/100 g contre 55,18 Mg/100 g et 54,31 Mg/100g, respectivement. A la densité de semis 2, les trois cultures ont enregistré des niveaux de respirométrie équivalents (64,24 ; 63,38 et 61,09 Mg/100 g, respectivement).

***Mots clés*** : légumineuses, densité de semis, croissance, production de biomasse, composition chimique, respirométrie.

## Abstract

The cultivation of fodder legumes, like the intensification of crop-livestock integration, is seen as one of the solutions to the problem of farmland degradation. This study aims at a better understanding of these legumes through their agronomic evaluation. Thus, twelve varieties of legumes including ten varieties of *Cajanus cajan* (pigeon pea), a variety of *Mucuna* (*Mucuna deeringiana*) and a variety of *Vigna unguiculata* (fodder cowpea) were sown in an experimental completely randomized block design comprising two seeding density (80 cm x 40 cm and 40 cm x 40 cm) with four replications. The study involved the characterization of the development cycle of the selected plants; evaluation of their biomass production and forage quality of this biomass; and finally the assessment of the effect of their production on soil fertility. The results showed that juvenile pigeon pea growth was slower than that of *Mucuna* and cowpea. Pigeon pea tree had the most branching compare to others. The seeding density had no significant effect on the growth of these legumes and also on the branching of *Mucuna* and cowpea. However, the number of branches of the varieties of pigeon pea obtained in density 1 (6-11) was relatively higher compared to that of the density 2 (5-9). The highest total biomass obtained 90 days after sowing with *Mucuna*, cowpeas and pigeon peas (1100, 900, and 300 kg DM/ha, respectively) was harvested at density 2. The perennial character of pigeon pea allowed him to accumulate more biomass beyond that date. Thus, the highest average yield of total biomass was recorded at density 2 with ICL85063 and ICPH2671\_PUSKHAL varieties (about 2.5 t DM/ha) at the end of the first year of production. The ICPL7035\_GUMU4, ICPL332\_ABAAYA, FKB\_ROUGE and ICPL8863\_MARUTI varieties showed good levels of Crude protein (over 18%). For seeding density 1, the respirometry recorded with *Mucuna* was greater than that of pigeon pea and cowpea fodder, 71.94 Mg/100 g against 55.18 Mg/100 g and 54.31 Mg/100 g, respectively. At seeding rate 2, the three plants showed equivalent levels of respirometry (64.24; 63.38 and 61.09 Mg/100 g, respectively).

**Key words:** *legumes, seeding density, legume growth, biomass production, chemical composition, respirometry.*

## Introduction

Le Burkina Faso, comme beaucoup de pays de la zone sahélienne, est confronté depuis des décennies à une problématique de développement agricole en liaison étroite avec la croissance de sa population. En effet, le secteur agricole est de loin le plus important avec près de 92 % de la population vivant en zone rurale et dépendant essentiellement de l'agriculture. Cependant, seulement 30% des ménages Burkinabé parviennent à satisfaire leurs besoins alimentaires et nutritionnels (TRAORE et STROOSNIJDER, 2005). Cette situation peut s'expliquer d'une part par les conditions climatiques défavorables et d'autre part par les mauvaises pratiques agricoles. Dans la recherche de l'autosuffisance alimentaire et la satisfaction d'autres besoins fondamentaux, les producteurs exploitent intensément de grandes superficies qui malheureusement donnent de faibles productions. Cette surexploitation de la terre associée aux mauvaises pratiques agricoles entraîne une dégradation de la fertilité des sols. Le faible niveau de fertilité de ces sols exige un relèvement afin d'améliorer les rendements agricoles.

Or la forte pression foncière due à la croissance démographique, a conduit à un abandon de la jachère qui était le moyen traditionnel de restauration de la fertilité des sols le plus connu et le plus pratiqué par les paysans. Le maintien de la fertilité des terres agricoles devient alors de plus en plus difficile, face à l'exportation continue des éléments fertilisants par les cultures et à la minéralisation accrue de la matière organique du sol. De même, l'alimentation des animaux, surtout en saison sèche devient difficile par manque de fourrage de qualité.

L'utilisation de la fumure organique et des engrais minéraux aurait pu amoindrir cet appauvrissement des sols. Mais malheureusement la fumure organique est faiblement produite sur les exploitations du fait de la faible intégration de l'agriculture à l'élevage, et les engrais minéraux sont faiblement utilisés parce que trop chers pour la plupart des producteurs. Il s'avère donc pertinent, surtout dans une perspective de durabilité des systèmes de production, de réfléchir à des mécanismes qui génèrent naturellement le fonctionnement des processus biologiques. La présente étude s'inscrit dans ce contexte avec pour thème *"Etude de Cycle de développement, production de biomasse, qualité fourragère et effet sur la fertilité du sol de quelques légumineuses fourragères"*.

L'objectif global recherché est d'améliorer la fertilité des sols par la fixation symbiotique de l'azote atmosphérique et la production de la biomasse pour servir de fourrage ou de matière organique. Cette étude vise une meilleure connaissance de ces légumineuses fourragères à travers leur évaluation agronomique dans la parcelle de culture.

Les objectifs spécifiques assignés sont :

- Caractériser le cycle de développement de ces trois plantes ;
- Evaluer leur production de biomasse ainsi que la qualité fourragère de cette biomasse ;
- Evaluer l'effet de leur culture sur la fertilité du sol.

Le présent mémoire qui présente les résultats de cette étude s'articule en quatre grandes parties :

- La première partie est consacrée à la revue bibliographique sur la production et les différentes utilisations de ces légumineuses ;
- La deuxième partie se rapporte à la méthodologie utilisée pour atteindre les résultats ;
- La troisième partie présente les résultats-discussion.
- En fin une conclusion est tirée sur cette étude suivie de recommandations formulées.

**PREMIERE PARTIE : REVUE BIBLIOGRAPHIQUE**

## **I. Généralités**

### **I.1. Le Mucuna**

#### ***I.1.1. Description de la plante du Mucuna***

Le Mucuna est une légumineuse annuelle cultivée pour son fourrage de bonne qualité, ses graines et son énorme capacité de fixation d'azote atmosphérique au niveau du sol. Le genre Mucuna appartient à la famille des Fabaceae (légumineuse) et englobe environ 150 espèces de légumineuses annuelles et pérennes. C'est une plante rampante, elle est aussi grimpante lorsqu'elle est mise à côté d'un tuteur. Les feuilles sont trifoliolées, amples, composées de deux folioles latérales asymétriques dont l'inflorescence est en grappe étroite parfois avec deux corymbes. Elles sont grandes, lisses, la feuille terminale est ovale et allongée, celles latérales sont obliques. Les fleurs sont de couleur pourpre noire. Les gousses à maturité sont ailées ou non, avec des replis transversaux ou longitudinaux. Elles sont lisses ou souvent couvertes de soies rousses et fragiles (aiguillons). Le fruit est une gousse grasse de 10 à 14 cm sur les pédoncules comportant 3 à 5 graines. Les graines sont elliptiques à réniformes selon les variétés.

Il existe plusieurs variétés cultivées dans le monde (Australie, Asie, Afrique, Amérique). Les variétés couramment citées dans la littérature sont les suivantes : Mucuna(M) pruriens var. cochinchinensis, M. pruriens var. utilis, M. p. Var. Georgia, M. p. Var. Ghana, M. p. var. jaspadea, M. p. var. preta, M. p. var. rajada, M. p. var. veracruz, M. p. var. deeringiana, M. sp. var. Nagaland, et bien d'autres.

#### ***I.1.2. Technique culturale du Mucuna***

Pour la préparation du sol, on peut faire soit un labour, soit un grattage ou un zéro labour. En cas de zéro labour, les semis doivent être effectués avant l'émergence des mauvaises herbes. Le Mucuna peut être cultivé seul sous forme de jachère ou associé à d'autres cultures dans les champs. Toutefois le caractère volubile de la plante de Mucuna peut conduire à étouffer la culture associée. La qualité de la semence est déterminante dans l'installation de la culture. Par exemple, pour ensemercer un hectare de culture, il faut 30 à 40 kg de graines de Mucuna. Son cycle cultural c'est-à-dire du semis à la récolte, est de quatre (4) à six (6) mois.

### ***1.1.3. Ecologie et production du Mucuna***

#### ***1.1.3.1. L'écologie du Mucuna***

De distribution pantropicale on pense qu'il est originaire de la Chine, de la Malaisie ou de l'Inde. La culture du Mucuna s'adapte aux conditions pluviométriques comprises entre 650 et 1200 mm sous des températures de 15 à 34°C et sur des sols sableux, argilo-sableux.

#### ***1.1.3.2. La productivité du Mucuna***

Le Mucuna est une légumineuse adaptée à une large gamme de précipitation et qui tolère un intervalle relativement étroit de température ; il doit être semé en début de saison des pluies. Son rendement moyen en grains varie de 250-2000 kg/ha et en biomasse de 1000-7000 kg/ha selon les variétés, la nature du sol et les conditions climatiques.

Le Mucuna produit des quantités substantielles de graines et de biomasses. Barrot (1960) au Benin, GILBERT (1998-2000) au Malawi, JARAMILLO (1997) au Honduras et KUMWENDA et GILBERT (1998) ont rapporté un potentiel de production en graines compris entre 0,2 t/ha à 2,4 t/ha. SCOTT (1946) a estimé une production de gousses de Mucuna de 1,1 à 4,4 t MS /ha. Pour la production de la biomasse, CARSKY *et al.* (1998) cités par VISSOCH *et al.* (1998) et KUMWENDA et GILBERT (1998) ont trouvé une quantité comprise entre 5,7 t MS/ha à 7,9 t MS/ha.

#### ***1.1.4. Valeur nutritive et la composition chimique du Mucuna***

Le Mucuna est une bonne source de nutriments et de minéraux. Il constitue aussi une source importante de protéines (MAT) qui est primordiale dans l'alimentation des animaux de même que dans la restauration et le maintien de la fertilité des sols. VISSOCH *et al.* (1998) ont estimé que le Mucuna cultivé en jachère annuelle fournit un équivalent de plus de 100 kg d'azote par hectare (N/ha). Un taux de N de 6% a été rapporté par CARSKY *et al.* (2001) dans la biomasse. La production de N des variétés cochinchinensis, deeringiana et nagaland par hectare a été évaluée respectivement à 172 kg ; 169 kg et 148 kg (EILITTA *et al.*, 2002). Le potassium (K) et le phosphore (P) sont des minéraux très présents dans la biomasse de Mucuna ; (EILITTA *et al.*, 2002). Ces auteurs ont trouvé respectivement 6,6 kg/ha ; 6,2 kg/ha et 5,5 kg/ha de P respectivement chez les variétés cochinchinensis, deeringiana et nagaland au sud du Mexique.

Les protéines présentes dans le Mucuna au niveau de la biomasse et surtout dans les graines sont aussi de bonnes qualités que celles présentes dans de soja. Cela fait du Mucuna un

aliment de bonne valeur nutritive pour l'homme et pour les animaux. En effet, les graines constituent une source intéressante de protéines (tableau 1) et de matières grasses (PRAKASH et MISRA, 1987; RAJARAM et JANARDHANAN, 1991; MOHAN et JANARDHANAN, 1995; AJIWE *et al.*, 1997). Elles ont une composition relativement importante d'acides aminés (tableau 2) et de minéraux (tableau 3) tels le calcium, le magnésium et le fer (PRAKASH et MISRA, 1987; RAJARAM et JANARDHANAN, 1991; JOSEPHINE et JANARDHANAN, 1992). Des valeurs de 26% de protéines ont été observées dans les graines de *Mucuna* (BARROT 1996). Dans le fourrage, il a été trouvé des teneurs de 12% de protéines brutes (D'MELLO et DEVENDA, 1995; MUHR *et al.*, 1998) cités par CARSKY *et al.*, 2001. Par contre au Sri Lanka, il a été rapporté une teneur de 20,6% de protéines dans le fourrage (RAVINDRAN, 1988).

**Tableau 1 : Teneur en acides aminés présents dans les graines de *Mucuna* non spécifiés en % MS.**

Acides aminés	Graines de <i>M.</i> non spécifiés
Acide Aspartique	11,0
Thréonine	3,5
Sérine	4,7
Acide Glutamique	16,9
Proline	-
Glycine	3,7
Alanine	4,4
Cystine	1,5
Valine	4,9
Méthionine	1,3
Isoleucine	4,1
Leucine	7,6
Tyrosine	3,4
Phénylalanine	5,5
Histidine	3,1
Lysine	6,7
Arginine	6,8
Tryptophane	1,2

*Sources: KAY (1979); HASHIM and IDRUS (1977); OLOGHOBO (1992).*

Cependant, le *Mucuna* comme les autres légumineuses contient un certain nombre de facteurs antinutritionnels (tableau 2) qui limitent son utilisation dans l'alimentation animale et humaine. Ces composés incluent les tannins qui forment des complexes avec les protéines, les hydrates de carbone et les enzymes digestives interférant ainsi avec la digestion (LIENER, 1989; MITJAVILA *et al.*, 1977, cités par JARAMILLO, 1997). Il y'a aussi les lectines encore appelées hémagglutinines qui sont des substances qui agglutinent les cellules du sang



et réduisent l'efficacité digestive des graisses et de l'amidon (MAYNAED *et al.*, 1981). La trypsine (protéase), les inhibiteurs de l'amylase (SIDDHURAJU *et al.*, 1996), l'acide phytique et les glycosides cyanogènes (SIDDHURAJU *et al.*, 1996 ; LAURENA *et al.*, 1994 ; RAVINDRAN 1988) font partie des facteurs antinutritionnels présents dans le *Mucuna* surtout dans les graines. Le plus important de ces facteurs est sans nul doute le L-Dopa (3,4-dihydroxy-L-phenylalanine ou le 3-hydroxy-L-tryptophane), un composé utilisé dans le traitement de la maladie de Parkinson (DAXENBICHLER *et al.*, 1971 ; LORENZETTI *et al.*, 1998). Parmi une gamme de 1000 espèces de plantes provenant de 160 familles, seules les graines de *Mucuna* ont un taux de L-Dopa supérieur à 0,5% avec en moyenne des taux de concentrations comprises entre 1,5 et 9% (DAXENBICHLER *et al.* 1971 ; 1972 RAJARAM et JANARDHANAN, 1991).

**Tableau 2 : Teneur des minéraux et facteurs antinutritionnels contenus dans les graines de *Mucuna* (%MS).**

<b>Composantes</b>	<b>Teneur dans les graines entières</b>
<b>Constituants Minéraux</b>	
Calcium, mg /g	0,08
Phosphore, mg/g	1,07
Magnésium, mg/g	0,15
Sodium, mg/g	0,93
<b>Facteurs Antinutritionnels</b>	
Cyanide (HCN), mg/kg	40,0
Hémagglutinine, HU <sup>1</sup> mg/g	42,67
Inhibiteur de la Trypsine, mg/g	7,47
Tannin, mg/g	5,54

*Source : UKACHUKWU and OBIOHA, 1997)*

**Tableau 3 : Teneur de certaines composantes présentes dans les graines de Mucuna en pourcentage (%)**

Composantes	Teneur dans le Mucuna
Protéines brutes %	30,1-31,8
Fibres %	2,3-9,0
Cendres %	2,9-4,5
Extrait d'Ether %	4,5-5,2
Extrait d'N libre %	51,9-57,9
Thiamine (ppm <sup>2</sup> )	--
Riboflavine, ppm parties par million	

*Sources: OYENUGA (1968), Kay (1979), HASHIM and IDRUS (1977)*

### ***1.1.5. Importance du Mucuna***

#### ***1.1.5.1 Utilité du Mucuna sur le plant agronomique***

La dégradation du sol est un problème qui contribue à la faim et à la pauvreté. L'Afrique subsaharienne compte une population de plus 500 millions de personnes, qui augmente d'environ 3% par an (EBERLEE, 1999). La production alimentaire n'a pas suivie la courbe démographique ; un extrême épuisement des terres, le dépérissement des sols et l'accélération de la désertification ont été les conséquences désastreuses de cette courbe démographique (EBERLEE 1999).

Dans les régions tropicales, la fertilité des sols se détériore à un rythme alarmante ; la situation est particulièrement désastreuse chez les petits producteurs qui n'arrivent pas à se procurer les engrais chimiques (Eilitta et al. 2000). Les plantes de couvertures et d'engrais vert (PCEV) à croissance rapide, sont des légumineuses à haute production de biomasse capables d'améliorer et de maintenir la production des producteurs ; elles sont ainsi devenues objet d'intérêt pour les petits producteurs et les chercheurs en Amérique, Afrique et Asie (WADE et SANCHEZ, 1983 ; BUCKLES et al. 1998 ; TRIOMPHE, 1996 ; CARSKY et al. 1998 ; VAN NOORDWYK et al, 1995). Parmi les PCEV, le Mucuna a reçu une attention particulière. Il a été décrit comme étant l'un des engrais vert le plus populaire adapté aux tropiques et un exemple d'engrais vert qui contribue au maintien durable du système agricole (BUCKLES 1995). Il est capable de couvrir rapidement le sol et de produire une quantité importante de biomasse et d'accumuler des nutriments, particulièrement l'azote. Sa végétation abondante permet d'éviter l'érosion et le dessèchement du sol tout en maintenant ses propriétés physiques (BARRROT, 1996 ; ROBERT et al, 2001). Le Mucuna par sa capacité

de couverture permet de lutter contre les mauvaises herbes en particulier *Imperata cylindrica* (chiendent) présent dans les zones humides et contre le striga, parasites du maïs, du sorgho et du millet dans les zones sèches (HOUNDEKOU *et al.*, 1998; VISSOH *et al.*, (1998); BARROT, 1996; CARSKY *et al.*, 2001). Il contribue à réduire le nombre d'opération de sarclage nécessaire pour contrôler *Imperata*. VERSTEEG et KOUDOKPON (1990) cités par VISSOH *et al.* (1998) ont rapporté que le Mucuna a ramené l'*Imperata* à moins 10% de sa densité initiale sur les champs; de même VISSOH *et al.* (1998), ont rapporté que la densité de *Imperata* est passée de 270 pousses/ m<sup>2</sup> à 320 pousses/ m<sup>2</sup>. Le Mucuna intervient aussi dans la lutte contre les nématodes en réduisant leur nombre dans les champs (THURSTON, 1997). Pour ce faire, un vaste programme de vulgarisation de cette culture a été engagé depuis le début des années 90, d'abord au Ghana, puis au Togo et ensuite au Bénin par le projet SASAKAWA-Global 2000 (BARROT 1996).

#### **1.1.5.2. Utilisation du Mucuna en alimentation animale**

Le Mucuna, constitue une bonne source d'aliment potentiel pour les animaux. Il semble être un excellent aliment aussi bien pour les ruminants que pour les non-ruminants qui n'utiliseraient que les graines préalablement traitées. En Guinée, les producteurs se trouvant face au problème d'alimentation des animaux du fait de la non disponibilité de la farine du soja et de la cherté de la farine de poisson principale source de protéines, pensent que le Mucuna peut constituer un substitut de bon marché (BRESSANI, 2000; FLORES *et al.*, 2000; BURGOS *et al.*, 2000). Il a été rapporté une utilisation du Mucuna dans des rations alimentaires de vaches laitières (SCOTT, 1913) et du bétail destiné à l'embouche (BLACK, 1920; EDWARDS *et MASSEY*, 1934). MORRISON (1939) a fait ressortir que l'utilisation des gousses de Mucuna dans l'embouche donnait des résultats satisfaisants. Il a même suggéré leur utilisation dans l'alimentation des vaches laitières tout en mentionnant qu'en faisant moulin ou en trempant les graines, leur valeur nutritionnelles est encore meilleure. Une production assez élevée de lait par jour et par vache (5,2) a été obtenue avec une supplémentation à base de fourrage de Mucuna (MUNGA *et al.*, 2003). BRUCKLES (1995) a mentionné l'utilisation du Mucuna comme fourrage à Madagascar; il est aussi utilisé sous forme d'ensilage et de foin au Brésil comme en Argentine (WHYTE *et al.*, 1953). Selon FERRI (1917), les bœufs et les porcs aiment bien les gousses du *Mucuna pruriens*, les bœufs préféreraient les gousses entières et les porcs les graines (BARROT, 1996). Des essais sur les porcs menés dans le sud du Bénin ont montré qu'une supplémentation avec 100 g/jour de graines de Mucuna préalablement grillées, concassées et trempées pendant toute une nuit a

permis un gain de poids de 30-50 fois meilleur par rapport aux porcs témoins nourris sans Mucuna (CIEPCA 1999). Les poulets de chairs en fin de croissance nourris à base de graines crues ou grillées, ont vu leurs performances affectées défavorablement tandis que les graines bouillies ont permis de produire de bonnes performances (EMENELON et UDEBIDIE, 1998).

#### **1.1.5.3. Utilisation du Mucuna dans l'alimentation humaine**

Le Mucuna source de protéines, a longtemps été utilisé comme un plat traditionnel minoritaire pendant des siècles. Il est toujours utilisé de nos jours comme plat traditionnel dans plusieurs pays d'Afrique et d'Asie où il est devenu objet d'étude pour les nutritionnistes, spécialement en Asie d'où il est originaire (EILITTA *et al*, 2000). Chez les Kanikars tribu vivant sur les collines du Kerala en Inde, il a été rapporté une consommation des graines de Mucuna utilisées après cuisson répétée sept fois (MOHAN et JANARDHANAN, 1993). En Indonésie, le Mucuna a été largement utilisé dans la fabrication des produits fermentés de premières nécessités (EILITTA *et al*, 2000). En Afrique sub-saharienne, il est minoritairement utilisé comme culture vivrière ; des efforts de recherche dans ce sens ont particulièrement été actifs au Nigeria. *Mucuna slonei* est utilisé dans l'Est du Nigeria par les Igbofos comme ingrédient de sauce ou comme plat principal (AFOLABI *et al*, 1985). Le *Mucuna urens* quant à lui est utilisé aussi comme ingrédient de sauce ou pour épaissir les soupes (ACHINEWHU, 1984). Enfin, le *Mucuna flagellipes* est utilisé uniquement dans l'épaississement des soupes (ONWELUZO *et al.*, 1994).

Récemment, l'utilisation potentielle du Mucuna dans la sécurité alimentaire a augmenté son intérêt au niveau de plusieurs projets en charge de sa promotion dans la conservation du sol et la suppression des mauvaises herbes (EILITTA *et al.*, 2000). En Afrique, plusieurs projets se sont lancés dans la promotion de l'utilisation du Mucuna dans l'alimentation humaine. Des scientifiques d'Afrique et du Canada ont entrepris une étude sur la composition chimique des espèces populaires de plantes de couverture relativement à la sécurité nutritionnelle. Ainsi, des études menées ont montré que les concentrations de L-Dopa présent dans le Mucuna peuvent être réduites à des niveaux acceptables pour la consommation humaine. A cet effet, les graines doivent d'abord être concassées, ensuite trempées dans l'eau pendant toute une nuit, après bouillies pendant 20 minutes et enfin trempées de nouveau pendant une nuit. Ce processus permet de réduire le taux de L-Dopa de 6 % à 0,42 % ; ce qui est bien en-dessous de 1 %, taux maximal de L-Dopa recommandé pour la consommation humaine (EBERLEE, 1999).

#### **1.1.5.4. Autres utilités du *Mucuna***

Certains composés présents dans le *Mucuna* lui confèrent des vertus médicinales ; le L-Dopa constitue l'un des composés le plus populaire utilisé en médecine. Il confère au *Mucuna* une résistance contre les animaux nuisibles et les maladies (REHR *et al*, 1973 ; BELL and JANZEN, 1971). Dans l'ancien système médical indien Ayurveda, le *Mucuna* est utilisé pour soigner la maladie de Parkinson (MANYAM, 1995). Outre cette maladie, il est aussi utilisé à d'autres fins au niveau médical. Les soies sur les gousses sont utilisées dans le traitement de morsures de serpents en Inde (SIDDHURAJU *et al*, 1996). En Afrique de l'ouest, c'est la plante elle-même qui est utilisée à cette fin (HOUGHTON et SKARI, 1994), les soies sont également utilisées comme déparasitant (HANUM et Vander MAESEN, 1996). Il a été rapporté que le *Mucuna* est utilisé comme expectorant dans le traitement de la toux, l'asthme et l'infection de la langue. Dans ce dernier cas, c'est le *Mucuna monosperma* qui est utilisé (PRAKASH et MISRA, 1987). KAMLA *et al.* (2007) rapportent que 5 g/jour de graines de *Mucuna pruriens* permettent non seulement de réactiver le système de défense antioxydant des hommes infertiles, mais aussi de traiter le stress et d'améliorer la quantité du sperme. Les Efiks, une tribu du Nigeria, ont constaté que le *Mucuna conchinchinensis* peut être utilisé comme un contraceptif ; en effet, ils affirment que la consommation des graines crues ou mûres traitées pendant une période assez longue entraîne une stérilité temporaire aussi bien chez l'homme que chez la femme (UKACHUKU, 2000). Les graines de *Mucuna* sont aussi utilisées comme aphrodisiaque (UKACHUKU, 2000 ; LORENZETTI *et al.*, 1998). AJIWE *et al.* (1997) ont observé qu'au Nigéria, le *Mucuna sloanei* préparé est donné aux femmes enceintes afin d'éviter les fausses couches.

## **1.2. *Cajanus cajan***

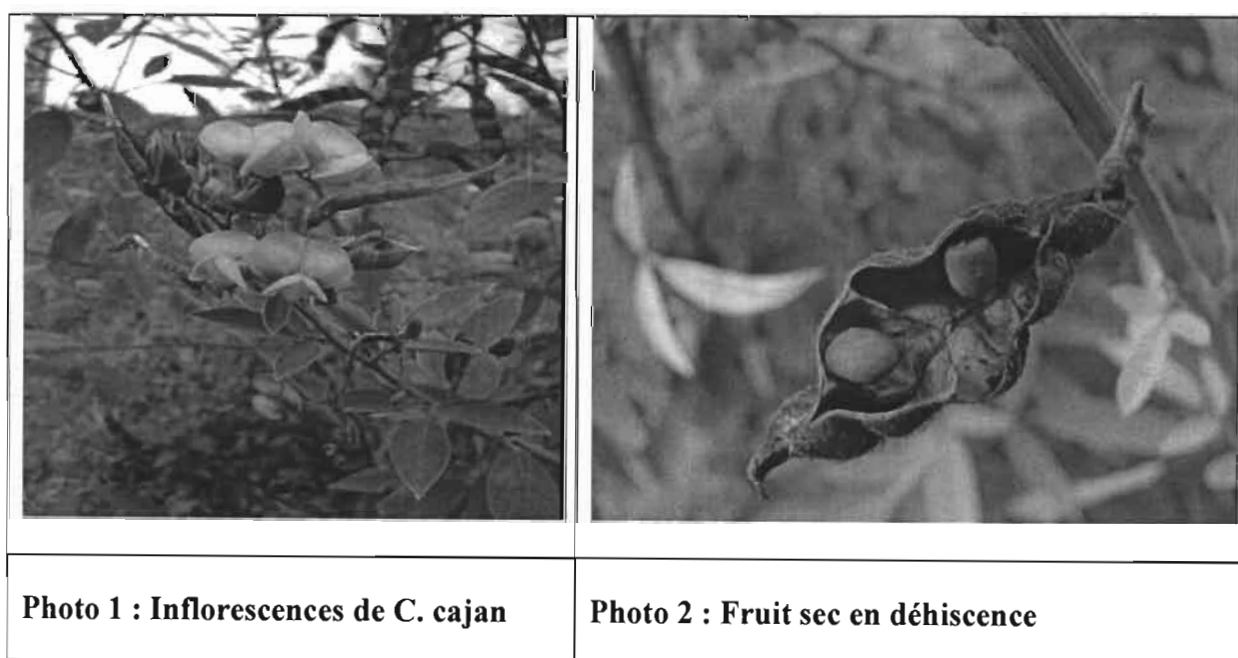
### **1.2.1. Description**

*Cajanus cajan* ou pois d'angole est un arbuste dont la durée de vie en culture varie entre 3 et 5 ans. C'est une légumineuse de la famille des Fabaceae. Son port érigé peut atteindre 4 m de hauteur avec des racines atteignant 2 m de profondeur (DUKE, 1981).

Sa tige, qui peut avoir 15 cm de diamètre dans sa partie basale, porte de nombreuses branches et brindilles. Ces dernières supportent un feuillage abondant de couleur vert-clair ou vert-jaune et formé de feuilles trifoliolées. Les feuilles sont disposées en spirales sur les tiges.

Les inflorescences sont des racèmes de 4 à 12 cm de long situés aux extrémités des branches et comportant 6 à 12 fleurs (photo 1). Les fleurs ont quatre lobes de calices séparés. Les pétales ont une couleur qui évolue du jaune au rouge-pourpre (BORGET, 1989).

Le fruit est une gousse linéaire-oblongue de 4 à 10 cm et renfermant des graines arrondies. Les gousses, de couleur crème, sont comestibles, déhiscentes à maturité et ont un hile foncé avec une extrémité en bec (photo 2). Le nombre de graine par gousse varie de 2 à 8, avec la couleur du tégument allant du blanc, blanc-brun, beige, marron, rougeâtre au tacheté (SEDGA, 1997 ; NIYONKURU, 2002).



### ***1.2.2. Technique culturale***

La culture du pois d'angole se fait généralement à partir des grains et par semis direct (BORGET, 1989). Les traitements de pré-germination des grains avant le semis ne sont pas nécessaires et la profondeur de semis varie de 2,5 à 5 cm. Quant à la densité de semis, il dépend du système de culture. Pour une jachère améliorée, il faut observer un espacement de 1 m x 1,50 m, contre 3 m x 3 m si la culture vise la production de grains (SKERMAN, 1982). Le nombre de grains recommandé par poquet est d'au moins deux.

En Afrique et en Inde, le pois d'angole se cultive souvent en association, avec des céréales, mais également avec le manioc et le cotonnier. Il est bien adapté aux systèmes de cultures associées en raison de sa croissance initiale lente, qui réduit la compétition avec la plante qu'il

accompagne, et de sa maturité tardive, qui permet d'étaler les besoins de main d'œuvre au moment de la récolte (VANDER MAESEN, 2006).

### ***1.2.3. Ecologie et production***

#### ***1.2.3.1. L'écologie du *Cajanus cajan****

Le pois d'angole est originaire de l'Inde. Il a été connu dans l'ancienne Egypte il y a 4000 ans. En culture, il peut supporter des sécheresses allant jusqu'à cinq (5) mois, tolère les sols salés ainsi que les sables aux argiles lourds. Il préfère un pH de 5 à 7, mais peut tolérer un pH allant de 4,5 à 8,4 (DUKE, 1981 ; VANDER MAESEN, 2006).

Ses pluviométries optimales sont comprises entre 600 et 1000 mm par an. Toutefois, il se développe bien dans les zones semi-arides et les zones humides avec des pluviométries atteignant respectivement 400 et 2500 mm par an (BARTHOUX, 1975).

*Cajanus cajan* se développe mieux en pleine lumière du soleil mais peut tolérer un faible ombrage. Cependant, il est très sensible au bas rayonnement qui engendre une production médiocre de graines (SPORE, 2010). La plante se développe dans des conditions chaudes avec températures optimales comprises entre 17 et 28°C.

#### ***1.2.3.2. La Productivité***

La germination des grains de pois d'angole semés a lieu 2 à 3 jours après semis (JAS), à des températures comprises entre 19 et 43°C. La levée est complète 2 à 3 semaines après le semis et le développement végétatif, qui débute lentement, s'accélère après 2 à 3 mois.

En général, la floraison (de 50% des plantes) commence 56 à 210 jours après le semis et la maturité de la graine est atteinte entre 95 et 260 jours. Toutefois, la durée totale du cycle de production est fonction des cultivars. En Inde par exemple, on distingue 10 groupes de cultivars, que l'on combine d'ordinaire en quatre catégories : les cultivars à maturité extra précoce, précoce, moyenne et tardive (120, 145, 185, et plus de 200 JAS respectivement).

Dans des conditions optimales de culture et en culture pure, les rendements en grains du pois d'angole peuvent atteindre 5000 kg/ha. Toutefois, les rendements sont en général faibles (600 kg/ha en moyenne en Afrique) et cela est dû en partie au fait qu'une part considérable des grains est récoltée et consommée avant la maturité. Les rendements en fourrage de la plante sont de l'ordre de 3 à 8 t MS/ha.

#### **1.2.4. Valeur nutritionnelle du pois d'angole**

Selon NIYONKURU (2002) la valeur nutritive des graines du pois d'angole est comparable à celle du haricot commun (*Phaseolus vulgaris*). En effet, connus pour être une excellente source de protéines (21,7 %), les grains mûrs du pois d'angole sont une bonne source d'énergie (343 kcal par 100 g de partie comestible), de vitamines (A 28 UI, B<sub>6</sub>) et d'acides aminés essentiels (lysine, phénylalanine, valine, leucine et isoleucine). Les grains sont comestibles (Inde, Kenya etc.) et riches en acides gras dont les principaux sont l'acide linoléique et l'acide palmitique (USDA, 2004 ; VANDER MAESEN, 2006).

#### **1.2.5. Utilité du *Cajanus cajan***

##### **1.2.5.1. Rôle du *Cajanus cajan* en agronomie**

Le pois d'angole joue un rôle clé dans la régénération et la protection des sols. En effet, il est une légumineuse qui fixe des quantités considérables d'azote surtout dans son jeune âge. Ces quantités sont estimées à 200 kg/ha d'azote pendant les 40 premières semaines.

Le pois d'angole offre de nombreux avantages aux agriculteurs à faibles ressources à savoir du combustible, du matériel de clôture, l'amélioration de la fertilité et le contrôle de l'érosion des sols (SIAMBI *et al.*, 1992). Il peut aussi être utilisé comme brise-vent et comme plante de couverture dans certaines plantations de cultures industrielles, notamment celles du caféier (BARRIOS *et al.*, 1997 ; BASHIR *et al.*, 1998). Egalement, grâce à son système racinaire puissant, la plante arrive non seulement à remonter les éléments nutritifs qui ont percolé, mais surtout améliore la structure des sols en cassant les croûtes dures. La plante a une capacité exceptionnelle d'utiliser les fractions de phosphore peu disponibles et celles notamment liées aux oxydes de fer, ce qui rend la fertilisation du pois d'angole généralement inutile, il améliore significativement la fertilité des sols (VANDER MAESEN, 2006). A titre d'exemple, la plante peut fixer jusqu'à 235 kg d'azote par hectare de culture et s'avère de ce fait être très intéressante pour une agriculture protectrice de l'environnement (PEOPLES *et al.*, 1995). Quant aux résidus d'azote laissés par culture, ils avoisinent 40 kg/ha (VANDER MAESEN, 2006) ; ce qui renforce la fertilité des sols pour les cultures en rotation.

##### **1.2.5.2. Utilisation du *Cajanus cajan* dans alimentation animale**

En alimentation animale, le feuillage coupé, frais ou conservé, constitue un bon fourrage servant à nourrir le bétail. En effet, les feuilles sont riches en protéines (21-25 % MS) et en fibres (30-35 % MS) selon GRIMAUD (1988). Pour les animaux au pâturage, l'on peut réaliser des coupes tous les deux ou trois mois avec une productivité de 1,5 à 3,5 t MS/ha/par coupe et une valeur azotée de 100 à 120 g de matière azotée digestible (MAD)/100 kg de



matière sèche (ANONYME, 2002). Par ailleurs, des essais, conduits en station, ont montré qu'une introduction de graines de pois d'angole ayant subi un broyage comme seule transformation dans l'aliment des porcs et des volailles n'entraînait aucun trouble de croissance chez ceux-ci. Les pourcentages d'incorporation pouvant être atteints sont de 15% chez le porc à l'engrais et 25 % à 30 % chez le poulet de chair (GRIMAUD, 1988). Un mélange à quantité égale de graines sèches du pois d'angole et de maïs écrasés constitue un bon aliment pour la volaille. Les feuilles et les gousses de cajanus sont également utilisées dans l'alimentation des ruminants et en particulier des bovins; les abeilles butinent le nectar des fleurs du pois d'angole qui constitue une source importante de miel.

#### ***1.2.5.3. Utilisation du *Cajanus cajan* dans alimentation humaine***

Le pois cajan est consommé comme pois sec, pois vert et dans une moindre mesure comme pois cassé. Au Kenya et au Malawi plusieurs industries exportent sa farine. En Sierra Leone, il est utilisé dans la fabrication des farines infantiles. Aux Antilles, il est mis en boîtes et exporté vers le marché nord-américain exactement comme le petit pois vert dont le goût diffère peu (NIYONKURU, 2002). Les graines du pois d'Angole sont consommées sous forme de gâteau de "Koki" » ou d'ingrédient dans la sauce où elles remplacent valablement l'arachide, le soja ou la pistache. Les gousses de cajanus sont également consommées comme légumes vertes. Dans ce cas, elles sont récoltées avant le développement des graines (DEGRANDE, 2001).

#### ***1.2.5.4. Autres utilités du *Cajanus cajan****

*Cajanus cajan* a de nombreuses utilisations en médecine naturelle. On attribue au pois d'angole des propriétés médicinales pour les animaux et pour les hommes. Ces propriétés proviennent de toutes les parties de la plante. Les jeunes feuilles sont utilisées pour les maux de gorge en Inde et à Java. En Indonésie la poudre de feuille et le jus de feuilles salé est utilisé pour la jaunisse. Les décoctions de feuilles sont utilisées en Argentine contre les irritations de la peau et des organes génitaux. En décoction les fleurs sont également utilisées contre les bronchites, les pneumonies et les refroidissements. Les boutiques chinoises vendent les racines séchées comme anthelminthique et expectorant (DUKE, 1981). Les jeunes feuilles sont appliquées sur les endroits douloureux et contre les démangeaisons. Elles sont également utilisées sous forme de décoction pour le traitement de la diarrhée. Les graines sèches de *Cajanus cajan* écrasées et prises avec un peu de vin permettent de soigner le début d'anthrax (furoncles). La poudre des graines sèches mélangée avec de la banane non mûre est utilisée comme cataplasme pour soigner les infections extérieures. Dans son opuscule "Situations de

référence sur le petit élevage au Togo" KUASSI signale que les éleveurs togolais font beaucoup plus confiance à la décoction de feuilles de pois d'angole pour soigner les diarrhées blanches des petits ruminants. Les tiges de *Cajanus* sont utilisées comme bois de chauffage dans beaucoup de régions dans le monde (DEGRANDE, 2001).

### **I.3. Le niébé**

#### ***I.3.1 Description de la plante du niébé***

Selon MARECHAL *et al* (1978), rapportés par SINGH (1997), le niébé appartient à la classe des dicotylédones, à l'ordre des Fabales et à la Famille des Fabaceae. Il a pour genre *Vigna* et l'espèce s'appelle *Vigna unguiculata*. Ainsi, selon KAY (1979) cité par ADAM (1986), trois espèces distinctes composent le genre *Vigna*, il s'agit de : *Vigna unguiculata* : forme primitive, le niébé commun en Asie provenant de l'Afrique, *V. sinensis* : niébé commun de l'Afrique et *V. sesquipedalis* : cultivé pour les gousses immatures notamment en Asie.

Le niébé est une plante herbacée annuelle diploïde à  $2n = 22$  chromosomes, à port érigé, rampant ou intermédiaire. Le système racinaire est relativement pivotant et profond. Il peut descendre jusqu'à 1,2 m selon le type de sol. Cependant on trouve le plus grand nombre de racines entre 0,20 et 0,25 m de profondeur, avec un diamètre de 0,5 m autour de la tige. Il est caractérisé par la présence de nodosités sur les radicules qui permettent la fixation de l'azote atmosphérique grâce aux rhizobiums abrités dans les nodosités.

Les tiges sont plus ou moins longues suivant les variétés. Elles ont une section polygonale. Les tiges du niébé sont plus épaisses que celles du haricot commun, et ne sont pas ligneuses. Les premières, au nombre de deux, sont simples. Les suivantes sont formées de trois folioles ovales, vertes d'environ 10 à 12 cm de long, terminées chacune par une pointe. Elles possèdent des nervures bien visibles. Ces folioles s'insèrent sur un pétiole commun d'environ 12 cm de long.

A la base du pétiole on distingue une petite gaine et deux stipules de forme ovale ayant environ 4mm de long. Comme la plupart des légumineuses, les folioles ont la propriété de prendre des positions différentes le jour et la nuit. Ces mouvements sont possibles grâce à la présence, à la base des pétioles, des renflements moteurs. Elles sont sans poils et à surface brillante.

Les inflorescences sont axillaires, non ramifiées et portant des fleurs. Chaque fleur est portée par un long pédoncule d'environ 2cm. Elles sont de couleur blanche, bleutée ou violacée au

petit matin, vite jaunies à midi, et flétries le soir. Le taux de fécondation croisée varie avec l'importance de l'activité des insectes. Il est compris entre 2 à 4 %. Il faut, quand même, noter que le niébé est une plante autogame préférentielle. Les fruits sont des gousses allongées, cylindriques, droites ou légèrement courbées, marquées de renflement à l'emplacement des graines terminées par un style à l'extrémité obtuse.

Les gaines ont en général une forme ovoïde ou arrondie. Elles ont 5 à 6 mm de large. Chaque graine possède un hile elliptique, petit, surmontée par le micropyle ; la couleur de la tache entourant ce hile est une caractéristique variétale. La faculté germinative des graines dure de 3 à 5 ans (SENTENS, 1985).

### ***1.3.2. Ecologie et production***

#### ***1.3.2.1. L'écologie***

Le niébé est une légumineuse qui supporte la sécheresse. Dans la grande majorité des cas, la préparation du sol est semi-mécanisée. Le nettoyage du sol manuel se fait à la machette ou à l'aide de l'herbicide, tandis que le labour est mécanisé à la suite d'une traction animale.

La pluviosité annuelle de l'aire de culture de niébé varie de 600 à 900 mm (MEMENTO, 2002). Selon GOLDSWORTHY *et al.* (1984), cette plante évite la sécheresse par la réduction de surfaces des folioles, la diminution de la conductance stomatique et le changement dans l'orientation des folioles. Le niébé est sensible à l'engorgement d'eau car selon les mêmes auteurs des recherches ont indiqué que même de courtes périodes de submersion de son système racinaire peuvent avoir des effets graves sur la production de matières sèches, la fixation symbiotique de l'azote atmosphérique et éventuellement sur les rendements. Il convient de rajouter que même une forte humidité est néfaste pour le niébé, car elle s'accompagne toujours de forts et sévères dégâts dus aux insectes et aux maladies qui pourraient compromettre la production (ADAM, 1986).

Le niébé n'est pas exigeant du point de vue sol ; il pousse bien sur une vaste gamme de sols à condition que ces derniers soient bien drainés. Le rendement optimal en gousses est obtenu sur les sols tourbeux riches en matière organique. Le niébé est très sensible aux sels, mais tolère l'acidité. Le pH du sol optimal pour la culture du niébé varie entre 6 et 7,5 (DENIS, 1984).

La température a une grande influence sur le développement du niébé. La température moyenne pendant le cycle végétatif varie entre 25° à 28°C .La température moyenne de

germination se situe entre 15° à 30°C. Toutefois, les graines peuvent germer à des températures qui varient de 10°C à 40°C (DENIS, 1984). Selon, la même source le niébé supporte des températures assez élevées à condition qu'il ait une alimentation hydrique suffisante. Il faut en effet, signaler que le niébé est aussi sensible aux basses températures, car le gel lui est toujours fatal (CRAUFURD *et al.*, 1997).

Le niébé est une plante de pleine lumière. En général les variétés locales cultivées au Sahel sont photosensibles (Denis, 1984).

### ***1.3.2. La productivité du niébé***

La germination est épigée. Les graines lèvent 4 à 8 jours après semis, suivant la température. Un à deux jours après l'apparition des crosses (tigelles recourbées), les cotylédons sont sortis du sol, se sont ouverts, et la première paire de feuilles apparaît ; Trois à quatre jours après la levée, les cotylédons commencent à se faner. Cinq à six jours après la levée apparaît la première feuille trifoliolée et ainsi de suite. Au bout d'un mois, le pied de niébé possède une dizaine de feuilles trifoliolées et atteint ainsi la hauteur définitive ; la floraison débute 3 à 4 semaines environ après le semis. Elle dure 4 à 6 semaines suivant les conditions climatiques. Les jeunes gousses mettent une douzaine de jours environ pour atteindre leur taille définitive ; Une fois la taille définitive atteinte les graines se forment en 15 à 20 jours. Il faut encore atteindre 20 à 30 jours pour que les graines soient mures. Le cycle végétatif complet du niébé peut varier de 70 à 150 jours suivant les variétés cultivées (SENTENS, 1985).

### ***1.3.3. Valeur nutritionnelle du niébé***

Le niébé, est une légumineuse qui joue un rôle très important dans l'alimentation de l'homme de par sa valeur en protéines qui varie de 20 à 25 %, selon STANTON (1966) rapporté par FLORENCE *et al.* (1976). Cette valeur est plus du double de la valeur de beaucoup de céréales. Il contient aussi divers éléments nutritifs.

**Tableau 4 : Teneur en constituants et acides aminés des graines de niébé**

Constituants	Proportion (%)	Principaux acides aminés	% protéine
Eau	11	Lysine	6,6
Protéine	23,4	Cystéine	0,99
Carbohydrates	56,89	Histéine	3,3
Acides gras	1,3	Tryptophane	4,1
Fibre	1, 3		0,9
Ca	7,6mg /100g		
Fer	5,6mg/100g		

Source : IITA (1982).

### ***1.3.4. Importance du niébé***

#### ***1.3.4.1. Rôle du niébé en agronomie***

Le niébé peut servir de plante de couverture et d'engrais vert pour la protection des sols contre l'érosion hydrique et pour la restauration de leur fertilité. Selon TOTHILL (1986), le niébé en tant que légumineuse, joue trois rôles qui sont :

- i) fixer l'azote atmosphérique à travers une relation symbiotique avec les espèces de rhizobium ;
- ii) accroître la fertilité du sol ;
- iii) rehausser les teneurs en protéine des cultures qui succèdent au niébé dans le système de rotation.

L'azote fixé par le niébé reste en place dans le sol avec le système racinaire et est dès lors, disponible pour les cultures à venir. Il faut néanmoins noter que, selon BETIONO *et al.* (2000) cités par BADO (2002), les précédents de légumineuses n'expliquent pas toujours les rendements souvent élevés obtenus des cultures succédant aux légumineuses.

#### ***1.3.4.2. Utilisation du niébé en alimentation animale***

Le niébé intervient également dans l'alimentation du bétail grâce à ces fanes aisément conservées toute la saison sèche et qui ont une haute valeur fourragère. Ces fanes peuvent contenir environ 0,6 UF/kg et 92 g/kg brute de matières azotées digestibles (BREMAN *et al.*, 1991), et divers autres éléments minéraux (tableau 5), qui confèrent à ces fanes leur qualité fourragère. Dans les régions sahéliennes de l'ouest et dans la région des Grands Lacs, on le cultive comme fourrage.

**Tableau 5 Composition minérale de fanes du niébé (le cendre et macro éléments en g/kg de MS et ppm/MS pour le sodium et Oligoéléments)**

	Constituants									
	Cendres	Ca	P	K	Mg	Na	Cu	Zn	Mn	Fe
Teneurs	93	10,1	2,0	15,0	4,9	214	9,4	60,5	256,5	285

Source : RICHARD *et al.*, 1985)

Il faut tout de même noter que la qualité de fanes du niébé dépend surtout de la quantité de feuilles qu'elles contiennent et donc du moment de la récolte (ABDOURAHAMANE, 1981).

#### **1.2.4.3. Utilisation du niébé en alimentation humaine**

En Afrique, on cultive le niébé avant tout pour ses graines sèches, cuisinées sous les formes les plus diverses. Mais, dans de nombreuses régions, on consomme aussi ses jeunes feuilles, fraîches ou séchées, et ses gousses immatures. Pour un usage textile, on utilisait dans le passé des niébés à longs pédoncules floraux *cultigroupe textilis*, dont les graines n'étaient en général pas consommées. Ce culti-groupe, présent au début du siècle du delta intérieur du Niger au bassin du lac Tchad (CHEVALIER, 1944), est aujourd'hui en voie de disparition. En Asie, le niébé est également cultivé pour ses graines.

Le niébé grâce à ces graines sèches cuisinées sous diverses formes et ses jeunes gousses immatures consommées, est reconnu pour sa contribution au développement de l'organisme humain. Néanmoins, il faut reconnaître au niébé des inconvénients gastriques et inconforts digestifs du fait de la présence de certaines substances telles que les glucides fermentescibles pouvant causer la flatulence, des facteurs anti-physiologiques ou substances toxiques qui peuvent engendrer des troubles digestifs (ABDOU, 1994). Mais selon LIENIER (1969) rapporté par IITA (1982), le taux des substances toxiques et anti-métaboliques reste est minime chez le niébé.

#### **1.3.4.4. Autre utilités du niébé**

Plusieurs usages médicaux du niébé ont été signalés. Ainsi, les feuilles et les graines s'emploient en cataplasme pour traiter les enflures et les infections de la peau. Les feuilles sont mâchées pour traiter les maladies dentaires. Des graines carbonisées réduites en poudre sont appliquées sur les piqûres d'insectes. La racine sert d'antidote contre les morsures de serpent et pour traiter l'épilepsie, les douleurs dans la poitrine, la constipation et la dysménorrhée. De plus, certaines parties de la plante non spécifiées sont utilisées comme sédatif pour la tachycardie et contre différentes douleurs.

**DEUXIEME PARTIE: MATERIELS ET METHODE**

## II. Matériels et Méthodes

### II.1. Matériels

Le matériel biologique utilisé est constitué des semences de dix (10) variétés de *Cajanus cajan*, de *Mucuna deeringiana* et niébé fourrager (*Vigna unguiculata* var IS5387). Les dix variétés de *Cajanus* étaient composées de : ICPL 87119 Guimu3 (Asha), ICP7035 Kamica, ICP7035 Guimu4, ICPH2671 Pushkal, ICPL85063, ICP8863 Maruti, ICPL87119 Asha, ICPL332 Abaaya, FKB Blanc et FKB Rouge. Les piquets en bois ont été utilisés pour délimiter les différentes parcelles, et pour servir de support de marquage des dix (10) plantes à suivre dans chaque parcelle. Afin d'identifier facilement les plants suivis dans les différentes parcelles ces derniers ont été marqués à l'aide d'étiquettes en skaï.

Aussi des fiches de suivi du cycle de développement des plants identifiés ont été conçues et une règle graduée plus un ruban métrique (m) ont été utilisés pour les mensurations. Pour évaluer la production de biomasse, une règle graduée, des grosses enveloppes, une balance et une étuve ont été utilisées. Pour le prélèvement des échantillons de sol, une tarière hélicoïdale et des sachets de conditionnement ont été utilisés. Au laboratoire des balances de précision, un bloc de minéralisation, une unité de distillation de l'azote, un spectrophotomètre à flamme ont été utilisés.

### II.2. Méthodes

#### II.2.1. Site d'étude

La présente étude s'est déroulée à la station expérimentale de l'environnementale et de la recherche agricole de FARAKO-Bâ, située à 15 km au sud de Bobo-Dioulasso sur l'axe routier Bobo-Banfara. Ses coordonnées géographiques sont : 04°20 Longitude Ouest et 11°06 Latitude Nord. L'altitude moyenne se situe autour de 405 m.

Selon le découpage des zones climatiques réalisé par FONTES et GUINKO (1995), la station de Farako-Bâ se situe dans la zone agro-écologique sud soudanienne où les pluviométries moyennes enregistrées varient entre 800 et 1200 mm. Les températures sont variables selon les mois, les saisons et l'année. Les minima sont observées en décembre et janvier et se situent entre 17°C et 14°C tandis que les maxima se situent entre 40°C et 41°C observées en mars et avril.

Les sols de Farako-Bâ sont majoritairement de couleur rouge de type ferralitiques (SEDOGO *et al.*, 1990) et de type ferrugineux tropicaux (FOURNIER, 1991). Ils sont fortement acides



avec un pH variant entre 5,1 et 5,4. Ces sols ont une texture sablo limoneuse en surface et argilo-sableuse en profondeur, caractérisés par des teneurs relativement faibles en matières organiques ce qui entraîne la faible capacité d'échange cationique (CEC), en bases échangeables, en azote et en phosphore.

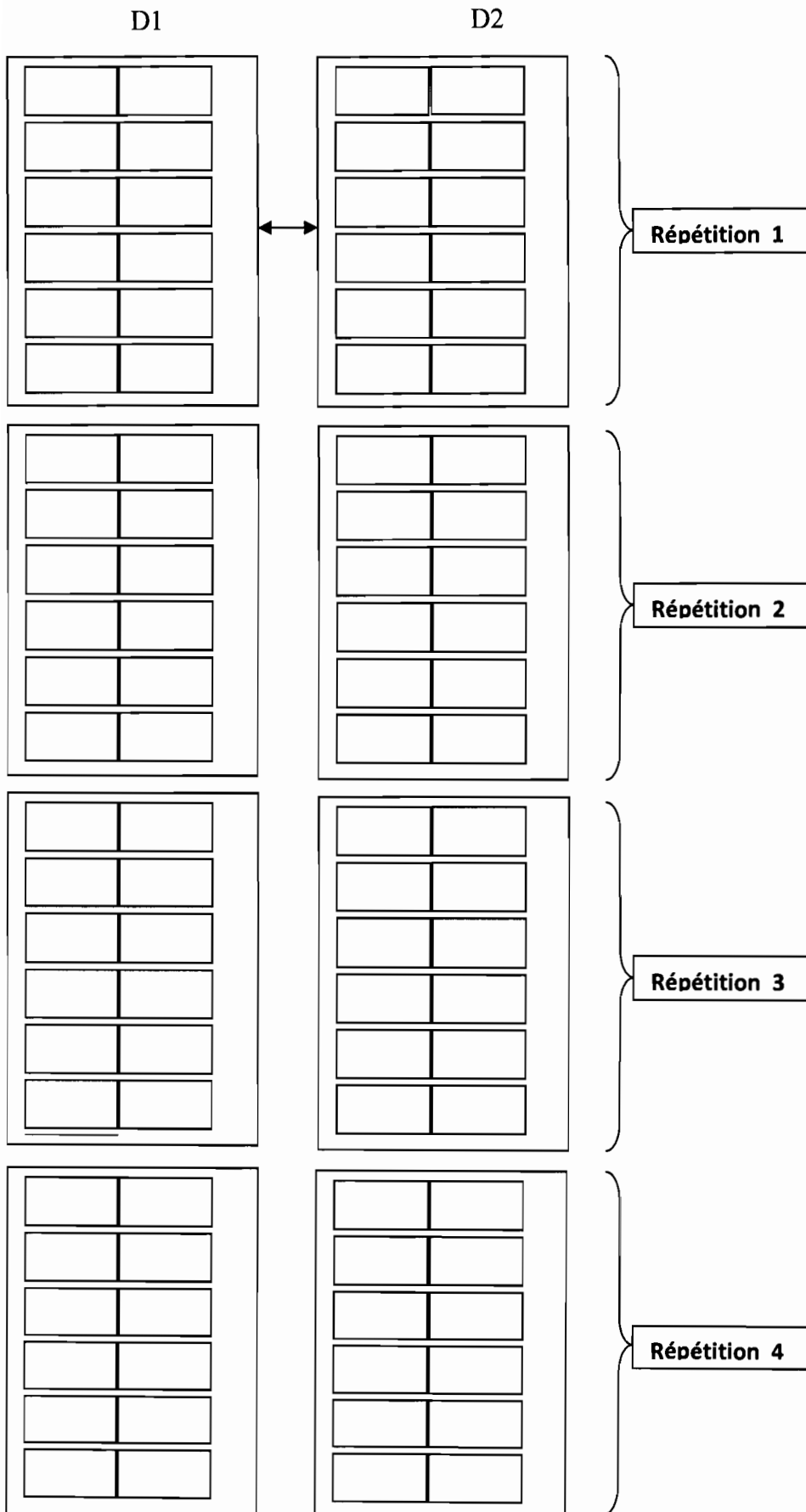
Selon la description de la végétation de l'ouest du Burkina Faso par Fonte et *Guinko* (1995) Farako-Bâ a une végétation naturelle de type savane arbustive et arborée. Les forêts claires sont rencontrées aux abords des bas-fonds. La strate ligneuse se compose essentiellement de *Parkia biglobosa*, *Detarium microcarpum*, *Sclerocarya birrea*, *Vittelaria paradoxa* et *Tamarindus indica*. Le tapis herbacé se compose essentiellement de *Andropogon* spp, *Pennisetum pedicellatum* et *Eragrostis tremula*.

### **II.2.2. Dispositif expérimental**

Il a été installé sur un sol préalablement labouré. Le dispositif expérimental était un split-plot comportant douze traitements en blocs complètement randomisé répété quatre(4) fois dont les facteurs sont les légumineuses et la densité de semis qui était de 80 cm x 40 cm (D1) et 40 cm x 40 cm (D2). La densité de semis correspondait au facteur principal et les légumineuses au facteur secondaire. Le dispositif a été installé sur une parcelle de 5400 m<sup>2</sup> de superficie (150 m x 36 m) comportant des parcelles élémentaires. Chaque parcelle élémentaire avait une superficie de 40 m<sup>2</sup> (5 m x 8 m). Ces parcelles étaient séparées d'allées larges d'un mètre tandis que les blocs étaient séparés d'allées larges de 1,5 m. Chaque densité de semis, a comporté un total de 48 parcelles élémentaires soit au total 96 parcelles. Les semis ont été réalisés à la corde suivant les écartements retenus et la parcelle a été entretenue par sarclage manuel.

Le schéma du dispositif expérimental ainsi que la randomisation des différents traitements étudiés ont été réalisés grâce au logiciel CropStat version 7.2. Le schéma 1 ci-dessous présente le dispositif expérimental.

### Plan de masse du dispositif expérimental



## **II.3. Paramètres observés et techniques de mesure:**

### ***II.3.1. Mesure de la hauteur et nombre de ramifications***

Pour le suivi de la hauteur et du nombre de ramifications, des mensurations de hauteur et un comptage des ramifications ont été effectués toutes les deux semaines à partir de 20 jours après semis (JAS) sur 10 plants identifiés de manière aléatoire et marqués à l'aide de skaï dans chaque parcelle élémentaire.

### ***II.3.2. Evaluation de la biomasse***

Pour évaluer la biomasse, tous les plants sur 1 m choisis au hasard dans chaque traitement sont récoltés chaque mois à partir du 30<sup>ème</sup> Jours après semis (JAS). La biomasse des plants récoltés est décomposée en feuilles, rameaux et tiges. Chaque composante est pesée pour en déterminer le poids frais, puis séchée à l'étuve à 65°C pendant 48 h pour déterminer la matière sèche et constituer l'échantillon à analyser. La teneur en matière sèche est obtenue par la formule suivante :

$$MST \text{ (en \%)} = \frac{P1 - P2}{P1} * 100$$

MST = matière sèche totale ; P1 = poids frais échantillon ; P2 = poids sec échantillon

La biomasse sèche à l'hectare est ensuite obtenue par extrapolation. Les échantillons d'organes végétaux ainsi obtenus ont été broyés à 0,1 mm pour des analyses de la composition chimique.

### ***II.3.3. Détermination de la composition chimique des organes végétaux***

#### ***II.3.3.1. Dosage de la teneur en azote selon la méthode Kjeldhal***

Un échantillon de 0,25 g est pesé à la balance électronique, après les avoir broyé et tamisé, puis placé dans des tubes à minéraliser de 250 ml dans lesquels 10 ml d'acide sulfurique ont été ajoutés en plus d'un comprimé de catalyseur. Les tubes sont portés sur un plateau de minéralisation à 100°C pendant 1 heure, puis à 360°C pendant 2 heures. Après refroidissement, le contenu est recueilli dans une solution de 50 ml de soude 40% pour piéger les ions ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) issus de la minéralisation par attaque acide à chaud. La solution ainsi obtenue est distillée pour recueillir les ions ammonium dans une solution d'acide sulfurique 0,1 N, puis titrés par une solution de soude 0,1 N.

### ***II.3.3.2. Dosage des minéraux***

Il a consisté à peser 3 g de chaque échantillon à la balance de précision et les placer dans des creusets. Ces échantillons sont calcinés au four à moufle à 550°C pendant 5 heures. Les cendres ont été récupérées dans une solution d'acide chlorhydrique 2 N, puis filtrée au papier filtre Waterman N°42. Le filtrat obtenu est passé au spectrophotomètre à flamme pour déterminer la teneur en K total et le spectrophotomètre à UV pour le P total.

### ***II.3.4. Evaluation de la production des graines***

Elle a consisté à récolter les gousses matures sur les trois lignes centrales de chaque parcelle élémentaire et les mettre dans des sacs. Elles ont été séchées au soleil puis battues et vannées pour récupérer les graines. Les graines ont été débarrassées de toutes les impuretés, puis pesées. Les rendements ont été enfin calculés.

### ***II.3.5. Prélèvement et Analyses des échantillons de sol au laboratoire***

Des échantillons de sols ont été prélevés, à l'aide d'une tarière, sur l'horizon 0-20 cm à la mise en place du dispositif et avant semis sur 5 points des deux diagonales du dispositif pour constituer un échantillon composite de base. A la fin de la saison pluvieuse de l'année d'installation, des prélèvements de sol ont été encore réalisés suivant la même procédure. Puis un échantillon composite en a été constitué. L'analyse de l'activité microbiologique a été réalisée sur ces échantillons.

Pour l'étude de l'état de minéralisation de l'azote du sol, trois prélèvements ont été réalisés sur le même principe en début de saison pluvieuse après une pluie de 24 mm sous les différentes légumineuses étudiées. A partir de cette date, deux autres prélèvements ont été effectués 7 jours et 14 jours après. Les échantillons ont été conservés en l'état frais au congélateur avant le dosage de l'azote disponible.

#### ***II.3.5.1. Evaluation de l'activité microbiologique du sol***

L'activité microbiologique du sol en début d'expérimentation et à la fin de la saison pluvieuse a été évaluée par la méthode de la respirométrie. Pour ce faire, des échantillons composites de chaque traitement ont été broyés et tamisés à 2 mm. 100 grammes de ces sols ont été prélevés, puis humidifiés aux 2/3 de la capacité maximale de rétention dans des bocaux hermétiquement fermés. Deux flacons, l'un contenant une solution de soude (NaOH, 0.1 N) pour le piégeage du CO<sub>2</sub> dégagé et l'autre contenant de l'eau distillée pour maintenir l'humidité constante, sont disposés dans chaque bocal. L'ensemble est placé dans une étuve

réglée à 28°C pendant 14 jours. Chaque traitement est répété trois fois. La quantité de CO<sub>2</sub> dégagée est mesurée quotidiennement durant les huit 8 premiers jours d'incubation, puis tous les deux jours jusqu'à 28 jours soit 14 jours de mesure. Le CO<sub>2</sub> dégagé dans les bocaux est piégé par la soude (NaOH, 0.1 N) et précipité sous forme de carbonate de sodium par le chlorure de baryum 3%. La soude en excès est neutralisée par l'acide chlorhydrique (HCl, 0.1N) en présence de phénolphthaléine. La quantité de CO<sub>2</sub> dégagée par jour est exprimée en mg/100 g de sol sec et est donnée par la formule suivante :

$$Q \text{ (mg/100 g de sol sec)} = [V_{\text{HCl (blanc)}} - V_{\text{HCl (traitement)}}] \times 2,2, \text{ avec}$$

- $V_{\text{HCl (blanc)}}$  = volume moyen d'acide chlorhydrique pour le bocal vide
- $V_{\text{HCl (traitement)}}$  = volume moyen d'acide chlorhydrique pour le traitement
- le coefficient 2,2 signifie qu'à 2,2 mg de CO<sub>2</sub> correspond 1 ml de HCl 0,1N (Segda, 2006).

#### **II.3.5.2. Evaluation de la minéralisation de l'azote du sol**

Elle a été réalisée suivant la procédure ci-dessous:

Un échantillon de 10 g de sol a été mesuré dans un tube de 100 ml au quel on a ajouté 20 ml d'une solution de NaCl 10% tamponée à pH 2,5 avec le HCl, le tout est agité pendant 30 mn, la solution de sol ainsi obtenu est transférée dans des tubes à minéralisé kjeldhal au quel on ajoute 20 ml d'une solution de NaOH 40% et distiller, le distillat est recueilli dans une solution d'acide borique 2% puis titré avec une solution de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,01 N.

Un témoin est aussi distillé et titré dans les mêmes conditions. La teneur en ions ammonium est déterminée suivant la formule ci-dessous :

$$\text{NH}_4\text{-N du sol (mg/kg)} = \frac{(S - B) \times N \times 14}{10} \times 1000$$

Avec: S= volume de l'acide sulfurique utilisé pour titrer l'échantillon

B= volume d'acide utilisé pour titrer le blanc

N= normalité de l'acide sulfurique (0,01 N)

#### **II.4. Analyse statistique :**

Les données collectées ont été saisies à l'aide du logiciel Excel version 2007. L'analyse de variance (ANOVA) a été réalisée grâce au logiciel XLStat version 7.1. et la séparation des moyennes a été réalisée selon le test de Fisher (LSD)

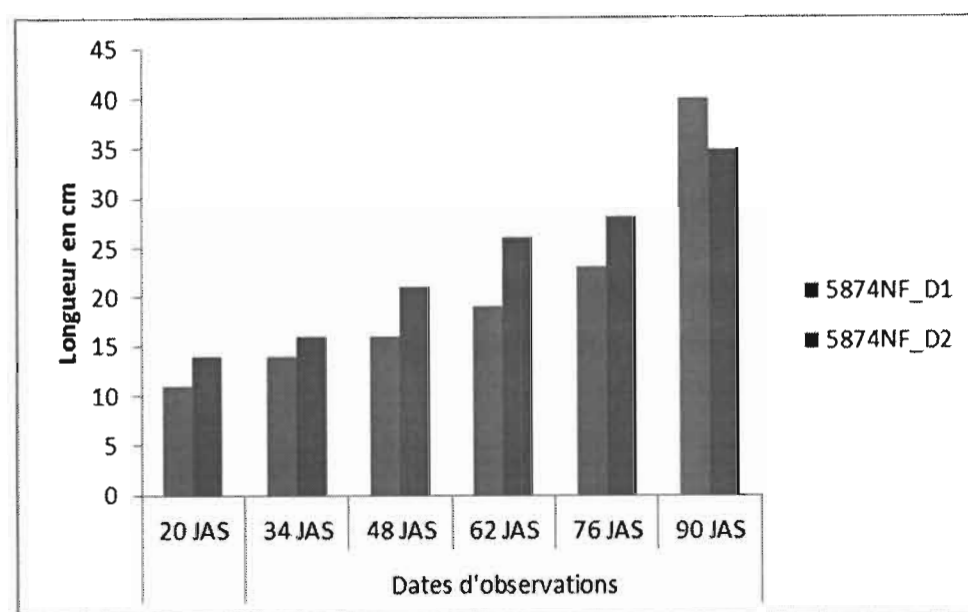
**RESULTATS-DISCUSSION**

### III. Résultats-discussion

#### III.1. Cycle de développement des plants

##### III.1.1. Longueur des ramifications des plantes de niébé fourrager

La figure 1 représente l'évolution de la longueur des ramifications des plantes de niébé fourrager en fonction de la densité de semis.

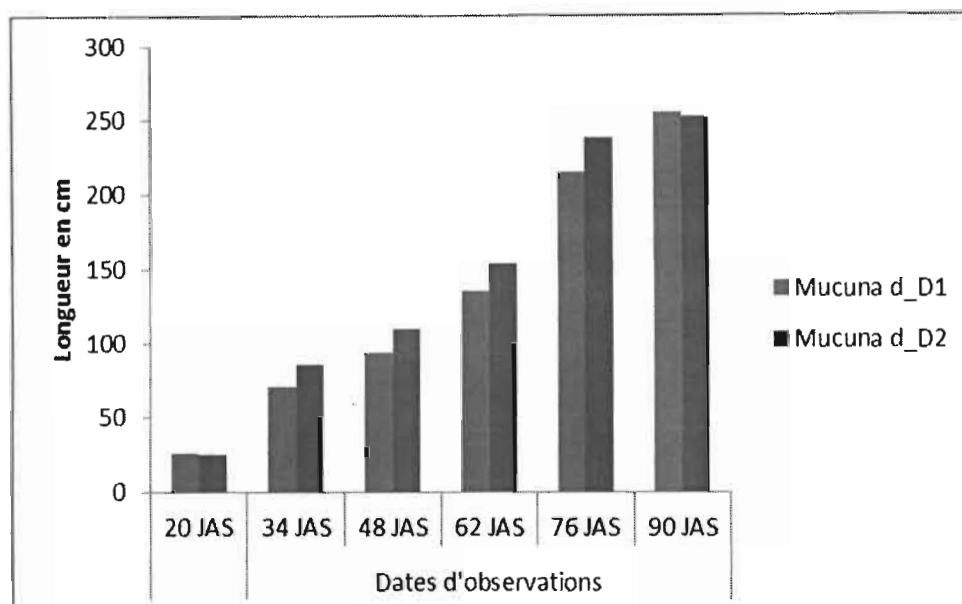


**Figure 1 : Evolution de la longueur des ramifications des plantes de niébé fourrager en fonction de la densité de semis**

L'évolution de la longueur des ramifications des plantes du niébé fourrager est pratiquement linéaire. De la première observation jusqu'à l'avant dernière (du 04/09/2013 à 9/10/2013), la longueur des ramifications obtenue à la densité 01 est restée en dessous de celle enregistrée à la densité 02. Cette longueur atteint environ 27 cm. A la dernière observation correspondant au stade de fructification, les plantes de la densité de semis 1 ont en moyenne dépassé ceux de la densité de semis 2 (40 cm contre 35 cm respectivement). Cette différence pourrait s'expliquer par le fait qu'à cette période, les plantes ont besoin de plus de nutriments pour se développer. A la densité de semis 1, les plantes de niébé sont moins dense et absorbent facilement les nutriments. Par contre, les plantes de niébé de la densité de semis 2 étant plus dense, ont du mal à avoir facilement les nutriments. Après la fructification (environ 76 JAS), les plantes des 2 densités ont subi un dessèchement du feuillage marquant la fin du cycle de développement. Toute fois la densité de semis n'a pas eu d'effet significatif sur la croissance des plantes. Nos résultats corroborent ceux de SENTENS, (1985) qui a obtenu une hauteur similaire de 0,5 m.

### III.1.2. Longueur des ramifications des plantes de *Mucuna deeringiana*

La figure 2 représente l'évolution de la longueur des ramifications des plantes de *Mucuna deeringiana* en fonction de la densité de semis.



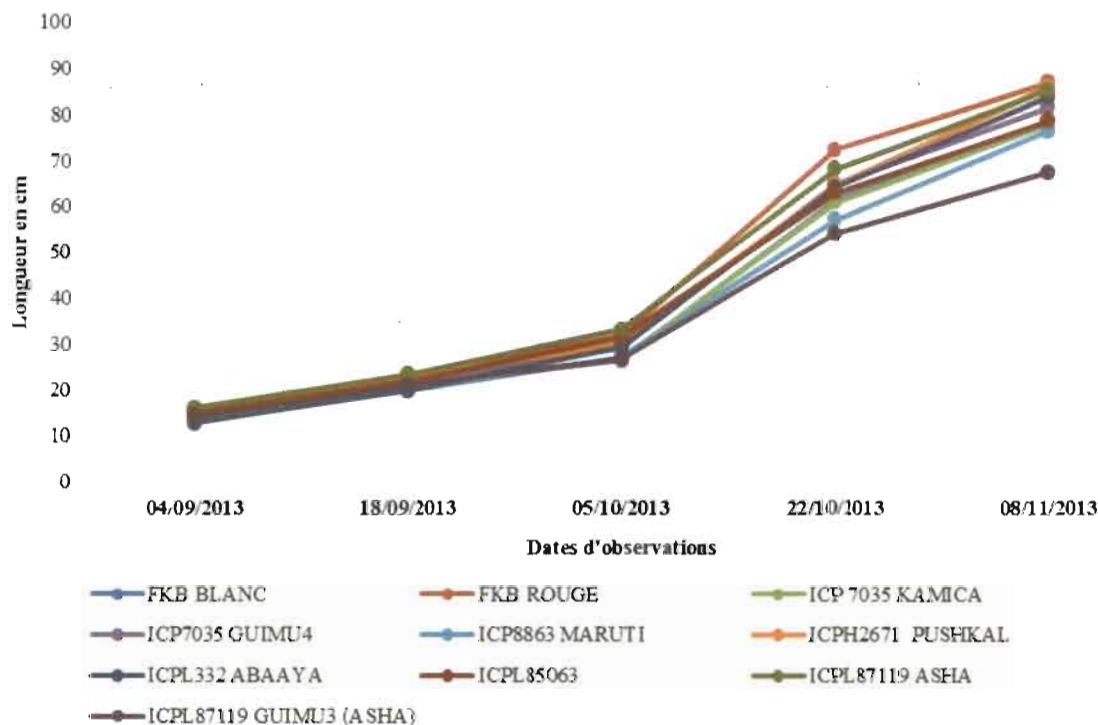
**Figure 2 : Evolution de la longueur des ramifications des plantes de *Mucuna deeringiana* en fonction de la densité de semis**

Les plants de *Mucuna deeringiana* ont une croissance lente dans les premiers stades de développement. La croissance s'accélère environ 35 jours après le semis (JAS). Cependant, la longueur des plantes des deux densités est similaire. Cette longueur atteint plus 2,5 m à 75 JAS rendant difficile la poursuite des mesures après cette date, la couverture du sol étant totale. Il permet d'éviter l'érosion et le dessèchement du sol tout en maintenant ses propriétés physiques (Barrot, 1996; Robert *et al.*, 2001). Tout comme dans le cas du niébé, la densité de semis n'a pas eu d'effet significatif sur l'accroissement en longueur des ramifications.

### III.1.3. Hauteur des plantes de *Cajanus cajan* par densité de semis

La figure 3 suivant, présente les résultats de l'évolution de la hauteur des plantes de *Cajanus cajan* à la densité de semis 1 (80 cm x 40 cm).

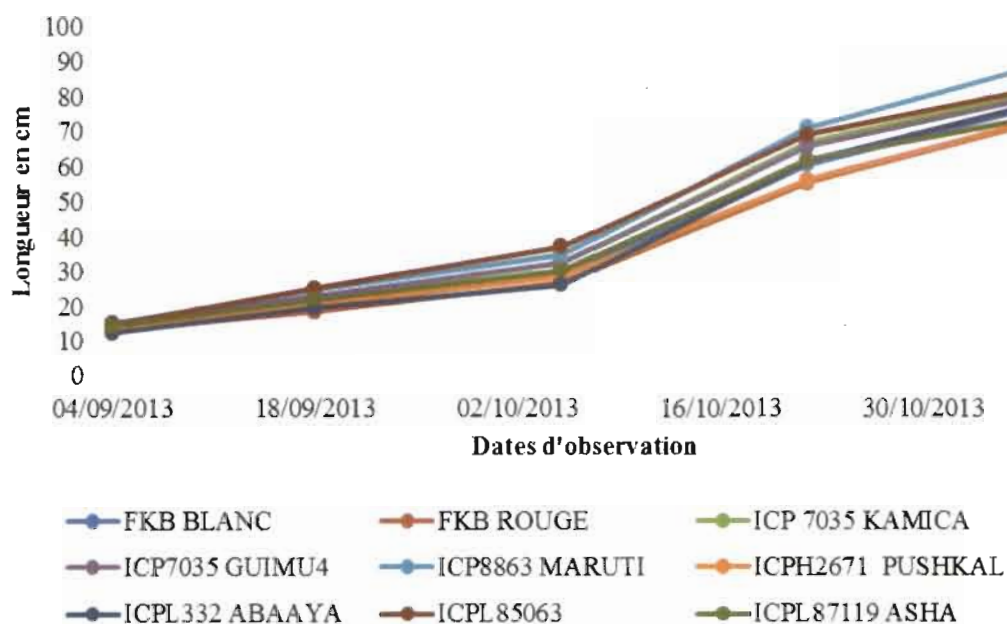




**Figure 3 : Evolution de la hauteur des plantes de *Cajanus cajan* en densité de semis 1**

A cette densité de semis, la croissance en hauteur des plantes est très lente aux jeunes stades de développement. Elle est accélérée à partir du début du mois d'octobre tout comme dans le cas des plantes de *Mucuna* avec le changement de photopériode. Cette période correspond également au début de phase de fructification. A cette densité de semis, la hauteur des plantes varie en moyenne entre 69 et 88 cm. La variété ICPL87119 GUIMU3 (ASHA) est celle qui enregistre la plus faible hauteur moyenne des plantes et la variété FKB ROUGE enregistre la hauteur la plus élevée en fin de première année de culture.

La figure 4 illustre l'évolution de la hauteur des plantes de *Cajanus cajan* à la densité de semis 2 (40 cm x 40 cm). L'analyse de variance des données de hauteurs des plantes indique que la densité de semis n'a pas eu d'effet significatif sur le développement en hauteur des plantes. Ce sont plutôt la variété et l'interaction variété \* densité de semis qui ont eu des effets statistiques significatifs ( $P = 0.031$  et  $P = 0.000$  respectivement).



**Figure 4 : Evolution de la hauteur des plantes de *Cajanus cajan* à la densité de semis 2**

La dynamique d'accroissement en hauteur des plantes de *Cajanus cajan* de la densité de semis 2 est similaire à celle des plantes de la densité de semis 1. Après une croissance juvénile très lente, elle s'accélère à partir de 45 JAS avec le début de la phase de fructification. La hauteur moyenne varie entre 75 et 90 cm. La variété ICP8863 MARUTI est la plus haute en fin d'observation (90 cm) et les variétés FKB ROUGE, ICPH2671 PUSHKAL sont celles dont les plantes sont moins hautes. A cette densité, la variété FKB ROUGE est celle qui a les plants les plus courts.

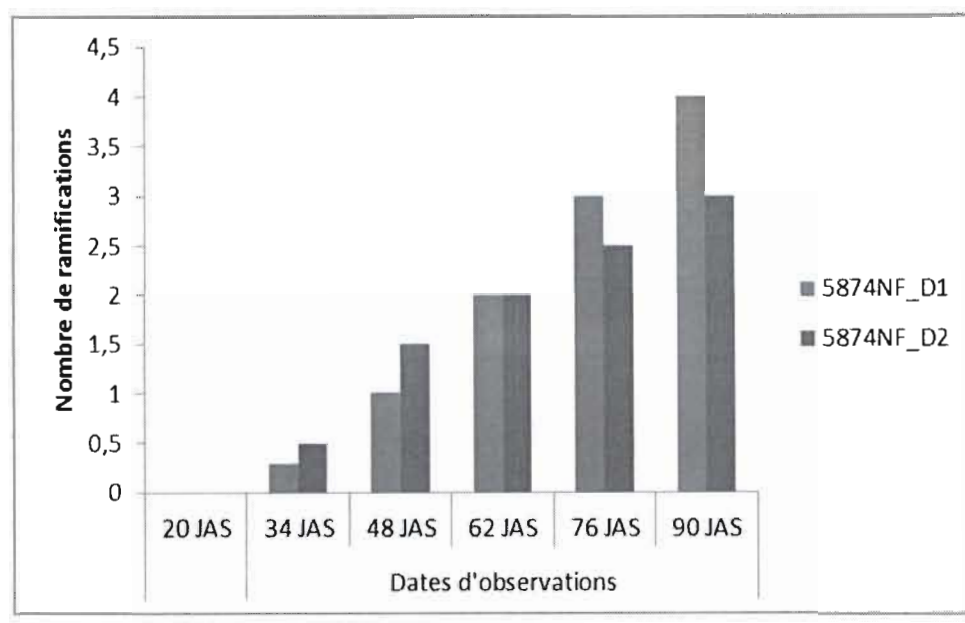
Cette difficulté de croissance à la levée peut être due aux propriétés physiques du sol telles que la structure et la texture du sol car notre parcelle expérimentale avait une texture argileuse donc sa capacité de rétention en eau était forcément importante cela peut rendre la levée difficile quand les pluies sont fortes.

### **III.1.4. Ramification des espèces**

La ramification permet aux légumineuses d'occuper l'espace et d'assurer ainsi une bonne production de biomasse et une bonne couverture du sol.

#### **III.1.4.1. Ramification des plantes de niébé fourrager**

La figure 5 illustre l'évolution de la ramification des plantes de niébé fourrager en fonction de la densité de semis.

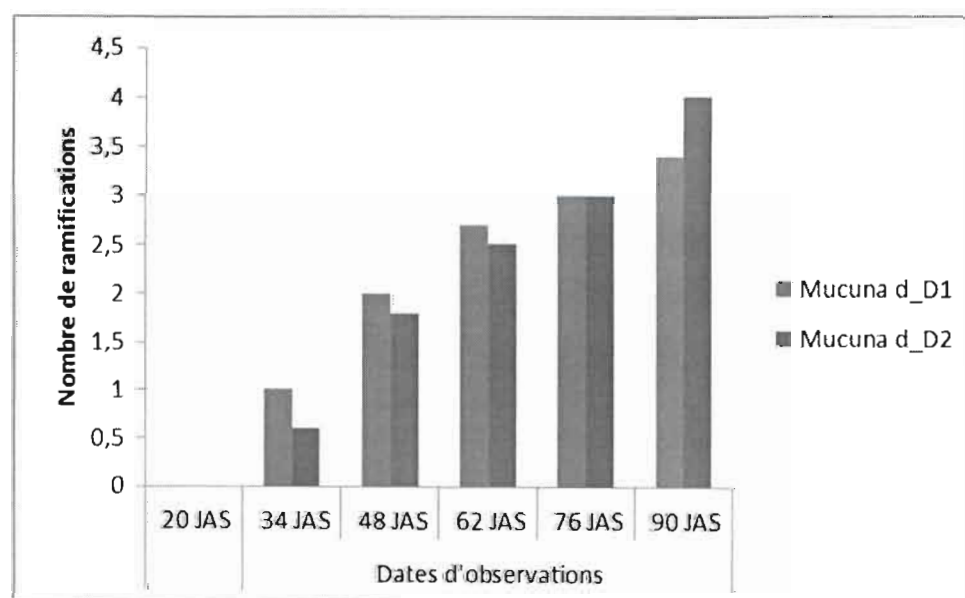


**Figure 5 : Evolution du nombre de ramifications des plantes de niébé fourrager en fonction de la densité de semis**

La densité de semis n'a pas eu d'effet significatif sur le niveau de ramification des plantes de niébé ( $P > 0,05$ ). On observe que l'initiation de la phase de ramification des plantes de niébé intervient près de 45 jours après le semis. Cette ramification n'est d'ailleurs pas importante dans nos conditions expérimentales (3 à 4 ramifications par plante en moyenne).

#### **III.1.4.2. Ramification des plantes de *Mucuna deeringiana***

Tout comme dans le cas du niébé, les plantes de *Mucuna* à la densité de semis 1 ont plus de ramifications par rapport à ceux de la densité de semis 2. Ce pendant, cette différence n'est pas significative ( $P > 0,05$ ). La figure 6 présente l'évolution du nombre de ramifications des plantes du *Mucuna deeringiana*.

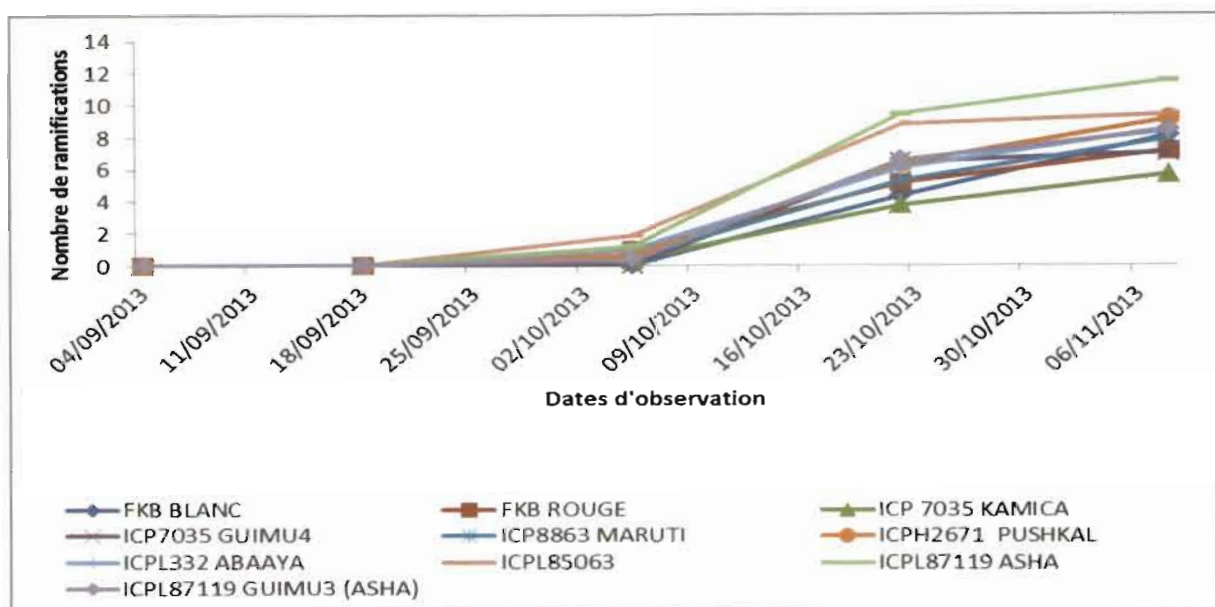


**Figure 6 : Evolution de la ramification des plantes de *Mucuna deeringiana* en fonction de la densité de semis**

On observe que la ramification des plantes de *Mucuna* a commencé à environ 21 JAS. Du semis à cette date, les plantes de *Mucuna* ont mis plus d'un mois avant d'initier la phase de ramification. Les plantes de *Mucuna* ne ramifient pas beaucoup (3 à 4 ramifications par plante en moyenne).

#### III.1.4.3. Ramification des plantes de *Cajanus cajan*

La figure 7 représente l'évolution du nombre de ramifications des plantes de *Cajanus cajan* à la densité de semis 80 cm x 40 cm (D1) par variété.



**Figure 7 : Evolution du nombre de ramification des plants de *Cajanus cajan* à la densité de semis 80 cm x 40 cm**

L'analyse de variance du nombre de ramifications en fonction de la variété et de la densité de semis indique un effet significatif de la variété de pois d'angole ( $P < 0,0001$ ), de la densité de semis ( $P < 0,0001$ ) ainsi que l'interaction densité\*variété ( $P = 0,001$ ) sur le niveau de ramification des plantes de pois d'angole.

A la densité de semis 80 cm x 40 cm, les plantes de *Cajanus cajan* ont mis plus de temps par rapport au niébé et au *Mucuna* avant de ramifier. La ramification des plants a débuté à partir de 53 JAS. Cela pourrait s'expliquer par la croissance juvénile très lente des plants de *Cajanus*. Cette ramification connaît une accélération durant les mois d'octobre et de novembre correspondant à la phase de fructification. La variété ICP 7035 KAMICA est celle

qui ramifie le moins avec 6 ramifications en moyenne par plant. La variété ICPL87119 ASHA est celle qui ramifie le plus avec plus de 10 ramifications/plant en moyenne.

A la densité de semis 40 cm x 40 cm, la dynamique de ramification des plantes de pois d'angle est similaire à celle des plantes de la densité de semis 80 cm x 40 cm (figure 8). Cependant, les valeurs sont moins importantes (5 à 9 ramifications par plante en moyenne). A cette densité de semis, la variété FKB ROUGE est celle qui ramifie le moins avec environ 5 ramifications en moyenne par plante et la variété ICPL87119GUIMU3(ASHA) est celle qui a plus de rameaux (environ 9 ramifications).

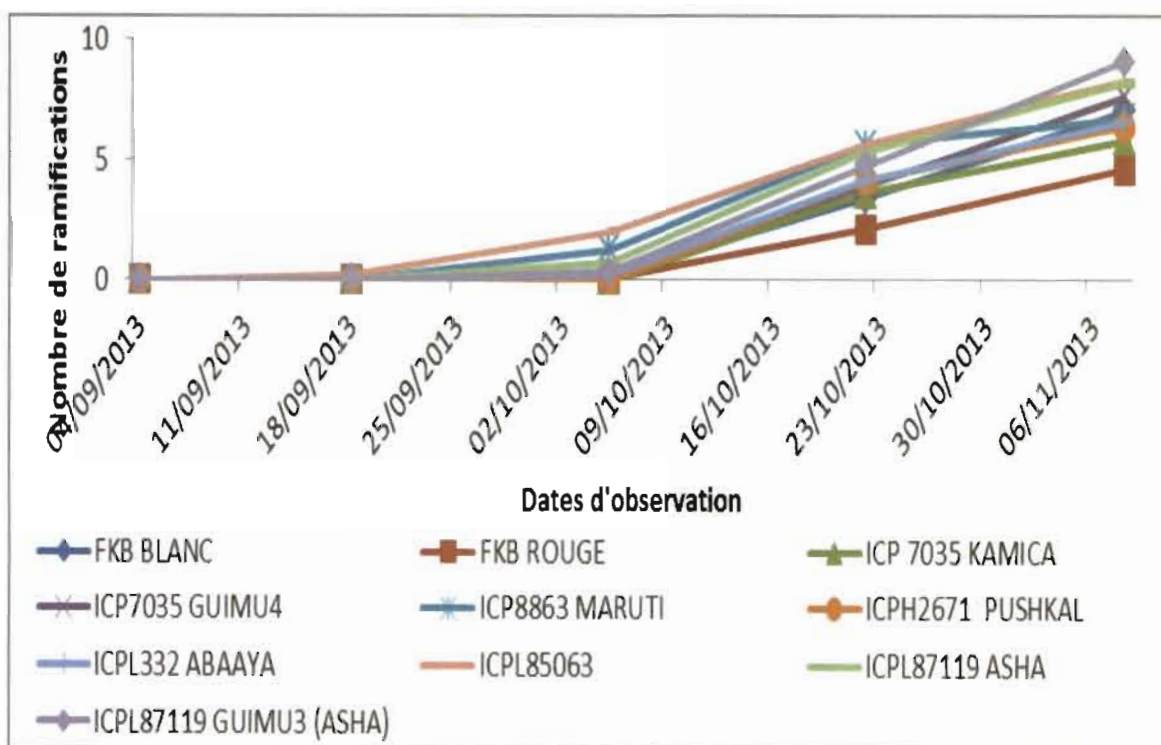


Figure 8 : évolution du nombre de ramification des plants de *Cajanus cajan* à la densité de semis 40 cm x 40 cm

## III.2. Production de biomasse

### III.2.1. Rendement en biomasse totale des trois variétés de légumineuses

Le tableau 7 présente le rendement en biomasse totale des variétés de légumineuses.

**Tableau 6 : Rendement en biomasse totale (kg MS/ha)**

Culture	Densité de semis	Dates d'évaluation	
		60 JAS	90 JAS
Niébé 5874NF	Densité 1	118 <sup>b</sup>	699 <sup>b</sup>
	Densité 2	282 <sup>a</sup>	884 <sup>ab</sup>
<i>Cajanus cajan</i>	Densité 1	18 <sup>d</sup>	104 <sup>d</sup>
	Densité 2	52 <sup>c</sup>	286 <sup>c</sup>
<i>Mucuna deeringiana</i>	Densité 1	150 <sup>b</sup>	729 <sup>b</sup>
	Densité 2	317 <sup>a</sup>	1 106 <sup>a</sup>
Effet des facteurs			
Source de variation	Ddl	Pr > F	
Culture	2	< 0,0001	< 0,0001
Densité semis	1	< 0,0001	0,000
Culture*Densité semis	2	< 0,0001	0,386

Dans la même colonne, les chiffres marqués d'une même lettre ne diffèrent pas significativement ( $P \geq 0,05$ )

L'analyse des effets des facteurs étudiés (légumineuse, densité de semis) et leurs interactions révèle une différence significative de l'effet de la culture, de la densité de semis et de leur interaction sur la production de biomasse par hectare (tableau 7).

La biomasse totale la plus élevée des trois (03) cultures est récoltée à la densité de semis 2. A environ 60 jours après semis (JAS), le *Mucuna* et le niébé à la densité de semis 2 ont enregistré des biomasses significativement plus élevées que les autres traitements (317 et 282 kg MS/ha respectivement).

La production de biomasse a été maximale pour le *Mucuna* et le niébé, 90 JAS. Ces deux cultures à la densité de semis 2 ont enregistré des biomasses significativement plus élevées que les autres traitements avec respectivement 1100 et 900 kg MS/ha. Dans le cas du *Mucuna*, l'augmentation du rendement en biomasse due à l'augmentation de la densité de semis a été d'environ 50% tandis qu'elle a été de 30% dans le cas du niébé.

Du fait de sa lente croissance juvénile, la production de biomasse de *Cajanus* à 90 JAS, n'était que d'environ 100 et 300 kg MS/ha pour les densités de semis 1 et 2, respectivement et pour toutes les variétés confondues.

Le caractère pérenne du pois d'angole lui permet d'accumuler davantage de biomasse au-delà de la fin de la saison pluvieuse. Cela est en accord avec Becker et Johnson (1998).

L'analyse de la production de biomasse des 10 variétés étudiées est présentée au tableau 8.

**Tableau 7 : Rendement moyen en biomasse totale des 10 variétés de *Cajanus* (kg MS/ha)**

Densité semis	Numéro variétés	Culture/variété	Dates d'évaluation		
			60 JAS	90 JAS	120 JAS
Densité 2	V3	ICPL85063	105	598	2 489 <sup>a</sup>
	V8	ICPH2671_PUSKHAL	53	381	2 434 <sup>a</sup>
	V5	ICPL7035_Gumu4	57	296	2 082 <sup>ab</sup>
	V6	FKB_Blanc	52	286	1 960 <sup>abc</sup>
	V7	ICPL332_ABAAYA	42	203	1 938 <sup>abcd</sup>
	V4	ICPL7035_Kamica	42	341	1 936 <sup>abcd</sup>
	V1	ICPL87119_Asha	49	386	1 648 <sup>abcde</sup>
	V2	ICPL87119_Gumu3_asha	44	296	1 643 <sup>abcde</sup>
	V9	ICP8863_Maruti	46	341	1 589 <sup>abcde</sup>
	V10	FKB_ROUGE	46	345	1 519 <sup>abcdef</sup>
Densité 1	V3	ICPL85063	23	300	1 274 <sup>bcdef</sup>
	V8	ICPH2671_PUSKHAL	19	251	1 181 <sup>bcdef</sup>
	V7	ICPL332_ABAAYA	26	169	1 173 <sup>bcdef</sup>
	V10	FKB_ROUGE	23	280	1 170 <sup>bcdef</sup>
	V1	ICPL87119_Asha	26	176	1 029 <sup>cdef</sup>
	V4	ICPL7035_Kamica	16	109	954 <sup>cdef</sup>
	V6	FKB_Blanc	18	104	918 <sup>def</sup>
	V9	ICP8863_Maruti	15	85	893 <sup>ef</sup>
	V5	ICPL7035_Gumu4	22	89	752 <sup>ef</sup>
	V2	ICPL87119_Gumu3_asha	13	109	503 <sup>f</sup>
Effet des facteurs					
Sources de variation		Ddl	Pr > F		
Variété		9	0,106	0,094	0,535
Densité semis		1	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
Variété * Densité semis		9	0,217	0,915	0,938

\* dans la même colonne, les chiffres marqués d'une même lettre ne diffèrent pas significativement ( $P \geq 0,005$ )

L'augmentation de la densité de semis permet d'augmenter significativement la production de biomasse en fin de saison pluvieuse de l'année de plantation. Parmi les dix variétés de *Cajanus cajan* étudiées, les variétés ICL85063 et ICPH2671\_PUSKHAL s'avèrent être les plus productives à la densité de semis 40 cm x 40 cm (près de 2,5 t MS/ha en fin de première année de culture). La variété FKB ROUGE a enregistré la plus faible valeur (1,519 t MS/ha). A la densité de semis 1 (80cm x 40 cm), c'est toujours les variétés ICL85063 et ICPH2671\_PUSKHAL qui ont produit plus de biomasse (environ 1,3 t MS/ha) mais la production est inférieure à celle de la densité de semis 2. La variété ICPL87119\_Gumu3\_asha est celle qui a la plus faible valeur (0,5 t MS/ha). Au niveau des variétés et l'interaction variété \* densité semis, les rendements n'ont pas révélé de différence significative ( $P > 0,05$ ).

Pour ce qui concerne la densité de semis, la différence est significative dans les trois récoltes ( $P < 0,05$ ). VANDER MAESEN, (2006) a rapporté une valeur similaire d'environ 3 t MS/ha de biomasse et GBAKATCHETCHE *et al.*, (2010) ont observé 1,4 à 1,9 t MS/ha de biomasse de *Cajanus* en zone forestière de Côte d'Ivoire en six mois de culture. Quant au *Mucuna*, Barrot (2004) a rapporté un rendement de biomasses (1,63 t MS/ha) similaire à notre valeur. Des rendements de biomasses plus élevés en que les valeurs observées dans notre étude ont été rapportés par EILITTA *et al.*, (2002), qui ont trouvé une valeur de 6,74 t MS/ha. CARSKY *et al.*, (1998) et VISSOH *et al.*, (1998) ont rapporté dans les zones de pluviosité bimodale du Bénin des rendements plus ou moins similaires de 4,08 t MS/ha. Au Brésil, pendant des programmes d'essais, LATHWELL (1990) et LOBO *et al.*, (1992) ont observé pendant la saison des pluies une production de 8,5 t MS/ha et au Honduras, TRIOMPHE (1996) a rapporté une production moyenne encore plus élevée de 11,7 t MS/ha.

Nous pouvons conclure que les valeurs de rendements en biomasse observées en zone soudanienne du Burkina Faso sont moyennes. Elles sont de loin inférieures aux valeurs observées en zone humide à climat bimodale. La nature et le niveau de fertilité des sols pourraient constituer des facteurs de variation importants dont il importerait d'analyser afin d'optimiser la production intensive de fourrage sur des superficies plus réduites.

### III.2.2. Répartition de la biomasse selon les organes végétatifs de *Cajanus cajan*

Le tableau 9 présente le rendement des différents organes végétatifs dans la biomasse des dix variétés de *Cajanus* étudiées.

**Tableau 8. Rendement des organes dans la biomasse de *Cajanus cajan* (en %)**

Variété	Densité semis 1 (80 x 40 cm)			Densité semis 2 (40 x 40 cm)		
	Feuilles	Rameaux	Tiges	Feuilles	Rameaux	Tiges
FKB_Blanc	43	10	47	38	10	52
FKB_ROUGE	40	7	52	43	8	49
ICP8863_Maruti	36	15	49	36	20	44
ICPH2671_PUSKHAL	36	17	47	42	16	42
ICPL332_ABAAYA	41	16	43	38	15	47
ICPL7035_Gumu4	39	11	49	38	19	44
ICPL7035_Kamica	43	10	47	37	11	51
ICPL85063	42	16	42	38	18	44
ICPL87119_Asha	41	17	42	40	17	43
ICPL87119_Gumu3_asha	47	12	42	40	19	40

La proportion des différents organes dans la biomasse est variable d'une variété à l'autre en fonction de la densité de semis. Les proportions de feuilles dans la biomasse des variétés



FKB\_ROUGE, ICPL332\_ABAAYA, ICPL7035\_Kamica, ICPL85063 et ICPL87119 Gumu3 asha ont regressé avec la forte densité de semis. Par contre, les variétés FKB\_ROUGE et ICPH2671\_PUSKHAL ont enregistré une augmentation de la part des feuilles dans la biomasse avec la forte densité de semis. Pour les trois autres variétés, la part des feuilles dans la biomasse est restée invariables. Les variétés les plus lignifiées (part des tiges  $\geq 50\%$ ) sont FKB\_ROUGE et ICPL7035\_Kamica.

En considérant la biomasse foliaire et celle des rameaux appetible, Certaines variétés ont une part de biomasse appetible supérieur à 55% (ICPL87119\_Gumu3\_asha, ICPL87119\_Asha, ICPL85063 et ICPL332\_ABAAYA), se distinguant des autres où la part de cette biomasse est inférieure à 55%. Cette part de biomasse appetible est améliorée par l'augmentation de la densité de semis (ICPL87119\_Gumu3\_asha, ICPL7035\_Gumu4, ICPH2671\_PUSKHAL et ICP8863\_Maruti). Pour les autres variétés, l'augmentation de la densité de semis se traduit par une augmentation de la part des tiges (ICPL7035\_Kamica, FKB\_ROUGE et FKB\_Blanc).

### III.3. Production de graines des variétés de *Cajanus cajan* étudiées

La figure 9 présente la production de graines des différentes variétés de pois d'angole étudiées.

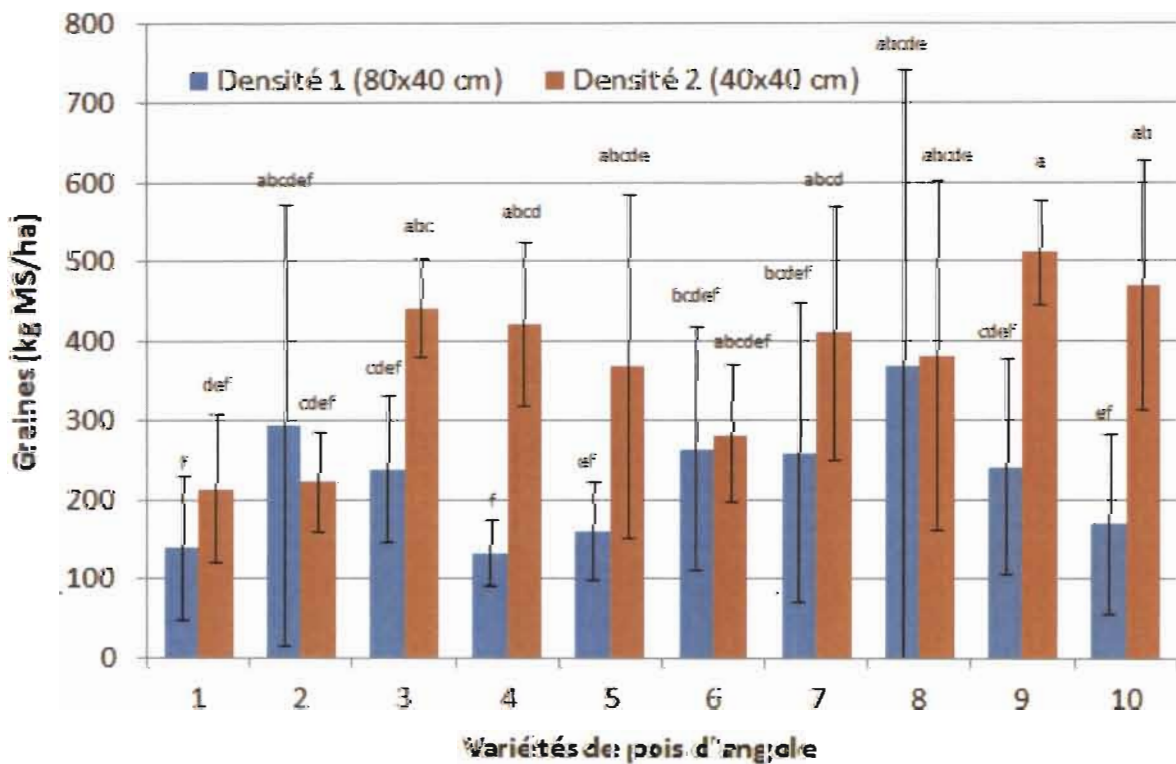


Figure 9 : Production de graines des variétés de *Cajanus cajan* étudiées

Les numéros attribuées aux variétés de pois d'angole dans la figure correspondent aux numéros indiqués au tableau 8 ci-dessus.

Les variétés de pois d'angole étudiées ont des rendements en graines élevés en fin de première année d'installation (150 à 500 kg/ha en moyenne). Toutefois, la variabilité d'une parcelle à une autre est forte dans le cas de certaines variétés (2, 5, 7 et 8). L'augmentation de la densité de semis engendre une augmentation significative de la production de graines ( $P = 0,000$ ). L'interaction variété x densité de semis n'a cependant pas eu d'effet significatif sur le rendement. La séparation des moyennes est indiquée dans la figure 9.

Dans des conditions optimales de culture et en culture pure, les rendements en grains du pois d'angole peuvent atteindre 5000 kg/ha. Toutefois, les rendements sont en général faibles (600kg/ha en moyenne en Afrique) et cela est dû en partie au fait qu'une part considérable des grains est récoltée et consommée avant la maturité (VANDER MAESEN, 2006). La FAO (1985) a rapporté un rendement de 828 kg/ha.

#### III.4. Composition chimique de la biomasse de *Cajanus cajan*

Le tableau 10 présente la teneur en matières azotées totales (MAT) des feuilles des différents organes de la plante de variétés de pois d'angole étudiées.

**Tableau 9 : Teneur en MAT totales des organes de plantes de variétés de *Cajanus cajan* (% MS)**

Variétés	Feuilles		Rameaux		Tiges	
	90 JAS	120 JAS	90 JAS	120 JAS	90 JAS	120 JAS
FKB BLANC	15	5	9	6	5	5
ICPL85063	13	12		6	5	4
ICPL87119_GUMU3_ASHA	17	11	6	5	5	3
FKB_ROUGE	18	4	6	5	6	5
ICPL7035_GUMU4	19	12	6	4	5	4
ICPH2671_PUSKHAL	17		6	5		4
ICPL332_ABAAYA	19	11	6	5	6	4
ICPL8863_MARUTI	18	15	12	8	7	5
ICPL7035_KAMICA	16	9	8	5	6	4
ICPL87119_ASHA	12	10	5	5		5

Les teneurs en MAT des feuilles des variétés de pois d'angole étudiées sont élevées à la fin de la saison pluvieuse (13 à 19%). Les variétés ICPL7035\_GUMU4, ICPL332\_ABAAYA, FKB\_ROUGE et ICPL8863\_MARUTI ont montré des teneurs intéressantes de plus de 18%. Les variétés ICPL87119\_ASHA et ICPL85063 ont présentées des teneurs plus faibles (<14%). En seconde période de coupe, la teneur en MAT des feuilles diminue énormément dans certaines variétés (FKB Rouge et FKB Blanc) avec 4 et 5 % de MAT respectivement. Ces deux variétés sont précoces et leurs feuilles jaunissent plus rapidement que les autres variétés.

Cette teneur en MAT est plus faible dans les rameaux (5 à 12% soit environ 2/3 moins que dans les feuilles). Toutefois, les variétés ICPL8863\_MARUTI et ICPL7035\_KAMICA ont montré des teneurs élevées (>8%) dans les rameaux. Par contre, la diminution de la teneur en MAT dans les rameaux entre les deux périodes d'évaluation est moins importante que dans le cas des feuilles. Les tiges enregistrent des teneurs en MAT plus faibles (5 à 7 %) qui varient peu entre les deux périodes d'évaluation.

Ces valeurs en MAT observées sont en accord avec Karbo *et al.* (1998) qui ont observé des teneurs en MAT de 13% MS dans le foin de pois d'angole au Nord-Ghana.

Le tableau 11 présente la teneur en phosphore total dans les différents organes des plants des variétés de *Cajanus cajan* étudiées.

**Tableau 10 : Teneur en Phosphore (P) total des organes de plantes de variétés de *Cajanus cajan* (mg/kg MS)**

Variétés	Feuilles		Rameaux		Tiges	
	90 JAS	120 JAS	90 JAS	120 JAS	90 JAS	120 JAS
FKB BLANC	883	280	625	559	426	655
ICPL85063	1 817	963		618	353	243
ICPL87119_GUMU3_ASHA	1 010	906	662	600	405	861
FKB_ROUGE	1 251	419	618	559	691	596
ICPL7035_GUMU4	1 177	1 280	742	394	314	335
ICPH2671_PUSKHAL	1 266		304	471		324
ICPL332_ABAAYA	434	544	397	280	387	466
ICPL8863_MARUTI	463	475	585	665	1 368	350
ICPL7035_KAMICA	736	1 089	611	731	420	728
ICPL87119_ASHA	853	611	471	407		420

Les feuilles des variétés de pois d'angole enregistrent des teneurs élevées en P total dans les feuilles. Cette teneur connaît une baisse importante entre les deux périodes de prélèvement sauf pour les variétés ICPL7035\_GUMU4 et ICPL7035\_KAMICA pour lesquelles cette teneur augmente au contraire avec le vieillissement. Cela pourrait s'expliquer par une différence de comportement phénologique qu'il conviendrait de vérifier. Cette même dynamique est observée dans les rameaux et les tiges avec cependant moins d'ampleur.

Concernant la teneur en calcium, les valeurs observées sont très élevées à la fois dans les feuilles et dans les rameaux (tableau 12) surtout en première période de prélèvement (2 à 10 g/kg MS). Tout comme dans le cas du P total, ces teneurs baissent entre les deux périodes de prélèvements pour certaines variétés et augmentent pour d'autres. Même dans les tiges, la teneur en calcium est élevée surtout en première période de prélèvement (> 3 g/kg MS). Dans ce dernier cas, la teneur en calcium baisse de manière notable entre les deux périodes de prélèvements.

**Tableau 11 : Teneur en Calcium (Ca) total des organes de plantes de variétés de *Cajanus cajan* (mg/kg MS)**

Variétés	Feuilles		Rameaux		Tiges	
	90 JAS	120 JAS	90 JAS	120 JAS	90 JAS	120 JAS
FKB BLANC	6 668	2 587		5 207	5 667	2 588
ICPL85063	5 573	5 768		4 380	3 679	2 189
ICPL87119_GUMU3_ASHA	6 932		7 070	7 215	3 382	2 091
FKB_ROUGE	7 395	3 382	7 660	5 373	6 663	4 276
ICPL7035_GUMU4	9 901	8 160	7 026	4 826	3 350	2 726
ICPH2671_PUSKHAL	7 164		3 483	3 361		1 891
ICPL332_ABAAYA	7 360	4 080	5 404	3 683	4 013	2 886
ICPL8863_MARUTI	6 765	5 074	6 815	5 141	3 581	2 964
ICPL7035_KAMICA	8 391	4 145	8 359	3 881	4 580	1 791
ICPL87119_ASHA	7 159	6 371	1 889	2 819		3 785

Les teneurs en P total sont comparables à celle observé par KARBO *et al* (1998) avec environ 1g/kg MS de P total dans le foin de pois d'angole. Par contre pour la teneur en calcium nos valeurs sont faible par rapport à 14g/kg MS observés dans le foin de pois d'angole au Nord-Ghana (KARBO *et al.*, 1998).

### III.5. Impact des cultures sur la fertilité du sol

#### III.5.1. Effet de la culture sur l'activité biologique du sol

Les résultats sont présentés dans le tableau 13 ci-dessous. On note un effet significatif de la légumineuse et de la densité de semis sur le cumul de la quantité de CO<sub>2</sub> dégagée sur les 28 jours d'observation. Par contre, l'interaction légumineuse \* dose de semis n'a pas eu d'effet significatif. La séparation de la moyenne au test de Fisher (lsd) montre que le témoin a enregistré une respirométrie supérieure aux échantillons de sol prélevés sous les trois légumineuses (niébé, *Mucuna* et pois d'angole). Cela s'explique par le fait que le témoin utilisé est l'échantillon de départ, prélevé à la mise en place de l'essai en juillet 2013 après un labour. Par contre les échantillons correspondant aux traitements ont été prélevés en fin de saison pluvieuse 2013. Avec la saison des pluies, l'activité microbienne du sol sous les précédents à base de légumineuses a été intensive et la nouvelle production de biomasse n'a pas encore eu le temps de s'incorporer dans le sol. Le prélèvement des échantillons serait alors intervenu après qu'une part importante de la matière organique du sol ait été minéralisée suite à cette activité microbienne. Il aurait fallu prélever des échantillons de témoin à la même période dans la jachère mitoyenne au dispositif expérimental.

**Tableau 12 : Cumule total de la quantité de CO<sub>2</sub> par les légumineuses en fonction de la densité de semis (en mg/100 g de sol)**

Densité	Légumineuse	Moyenne	Écart-type
Témoin	Témoin	96,29 <sup>a</sup>	2,77
D1	<i>Mucuna</i>	71,94 <sup>b</sup>	5,58
	Niébé	55,18 <sup>c</sup>	5,56
	<i>Cajanus</i>	54,31 <sup>c</sup>	8,41
D2	<i>Mucuna</i>	64,24 <sup>bc</sup>	6,76
	<i>Cajanus</i>	63,38 <sup>bc</sup>	9,88
	Niébé	61,09 <sup>bc</sup>	15,71
Ensemble	D2	63,26	9,90
	D1	55,86	9,29
Effet de facteurs			
Source	ddl	F	Pr > F
Densité	2	11,240	< 0,0001
Légumineuse	2	5,151	0,008
Densité*Légumineuse	2	2,347	0,103

Pour la densité de semis 1, le *Mucuna* a enregistré une respirométrie supérieure au pois d'angole elle-même équivalent au niébé fourrager. A la densité de semis 2, les trois cultures ont enregistré des niveaux de respirométrie équivalents. D'une manière générale,

l'augmentation de la densité de semis a significativement augmenté le niveau de l'activité biologique du sol sous les précédents à base de légumineuses. Cela est en relation parfaite avec l'augmentation de la production de biomasse subséquente.

Les figures 10 et 11 traduisent la dynamique d'évolution de la respirométrie du sol sous les différents traitements respectivement pour les densités de semis 1 (80 x 40 cm) et 2 (40 x 40 cm). Cette dynamique traduit effectivement une teneur en matière organique plus élevée dans le témoin, en relation avec la dynamique de la courbe. Les précédents à base de légumineuses en contenaient moins à la date de prélèvement.

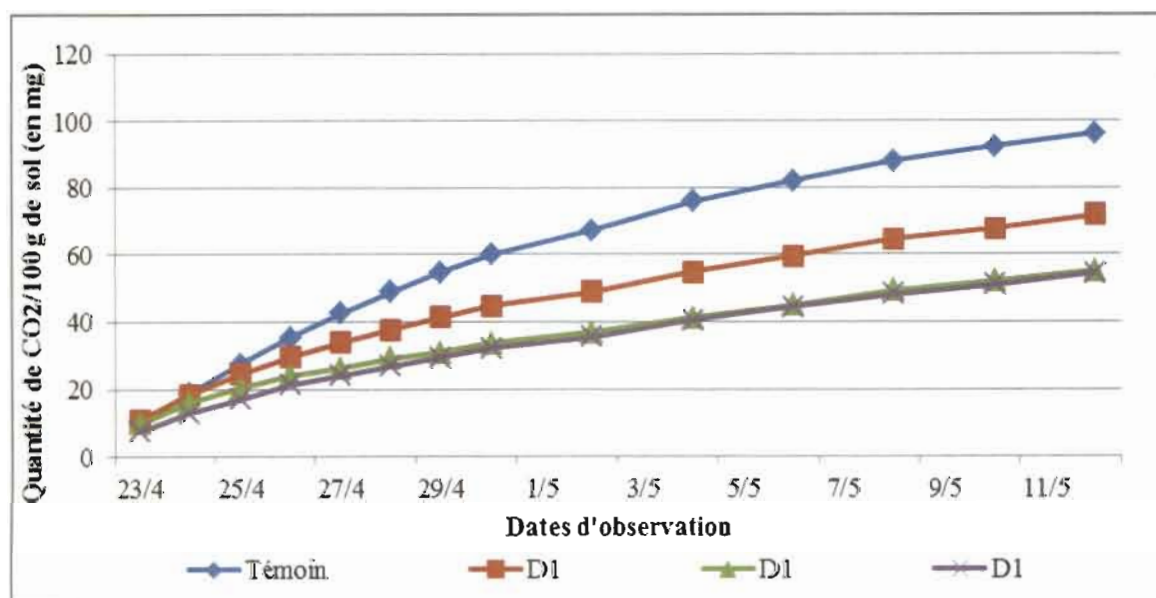


Figure 10 : évolution de la quantité de CO<sub>2</sub> en fonction du temps (témoin et densité 1)

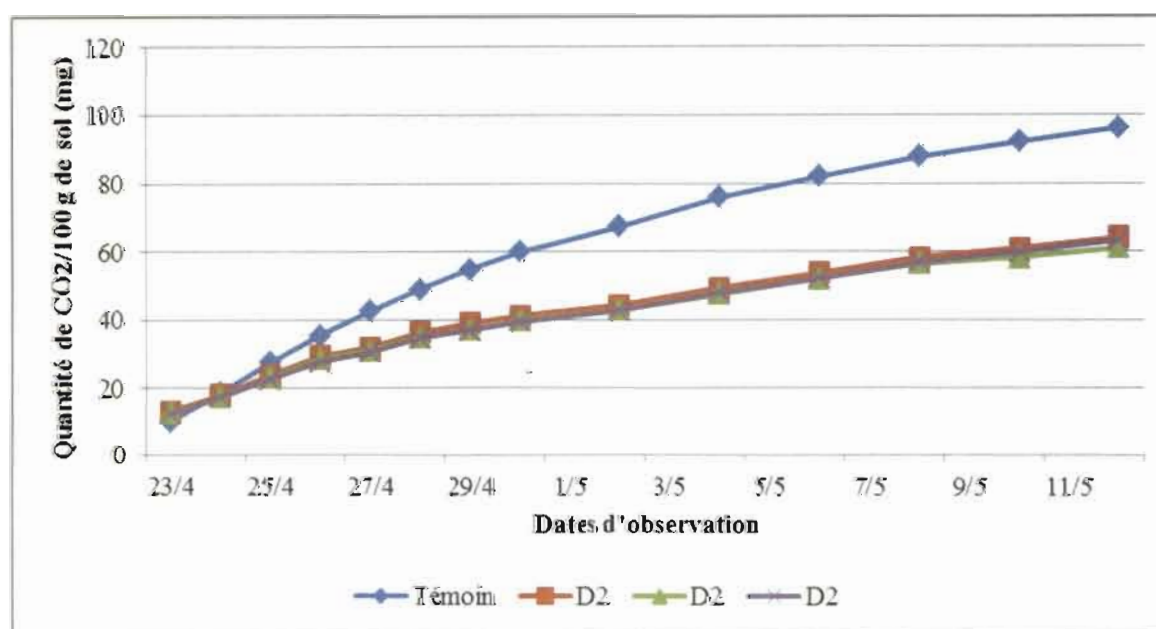


Figure 11 : évolution de la quantité de CO<sub>2</sub> en fonction du temps (témoin et densité 2)

**III.5.2. Effet de la variété de pois d'angole sur l'activité biologique du sol**

La figure 14 présente l'effet de la variété de pois d'angole sur le Cumul de CO<sub>2</sub> dégagé durant les 28 jours d'observation.

**Tableau 13 : Effet de la variété de pois d'angole sur le Cumul de CO<sub>2</sub> dégagé durant les 28 jours d'observation**

Densité	Variété	Cumul CO <sub>2</sub> (14 jours)	Ecart-type
D1	V9	66,70	3,83
	V7	57,86	4,46
	V4	57,71	3,88
	V6	57,02	7,84
	V5	56,65	3,77
	V10	51,99	4,65
	V1	51,88	8,23
	V3	49,10	16,38
	V2	48,88	2,28
	V8	45,36	5,33
D2	V4	76,93 <sup>a</sup>	3,45
	V8	68,31 <sup>ab</sup>	17,97
	V1	68,02 <sup>ab</sup>	2,65
	V7	67,83 <sup>ab</sup>	3,84
	V3	67,28 <sup>ab</sup>	3,40
	V2	66,00 <sup>abcd</sup>	1,61
	V5	57,60 <sup>bcd</sup>	2,49
	V9	54,93 <sup>cdef</sup>	2,52
	V6	54,63 <sup>def</sup>	11,17
	V10	52,21 <sup>ef</sup>	6,36
Ensemble	D2	63,38 <sup>a</sup>	9,88
	D1	54,31 <sup>b</sup>	8,41
Effet des facteurs			
Sources de variation	ddl	F	P
Densité	1	23,120	< 0,0001
Variété	9	1,964	0,070
Densité * Variété	9	3,768	0,002

En considérant les 10 variétés de pois d'angole, l'analyse statistique révèle que la variété n'a pas eu d'effet significatif sur le niveau de respirométrie du sol au seuil de 5%.

Par contre, la densité de semis ainsi que l'interaction entre la densité de semis et la variété ont enregistré des effets significatifs (tableau 14). On en conclue que les 10 variétés ne réagissent pas de manière similaire à la variation de densité de semis pour ce qui est du niveau de respirométrie du sol. La séparation des moyennes au test lsd de Fisher montre que 5 des 10 variétés de pois d'angole évaluées présentent des niveaux de respirométrie supérieure aux

autres variétés à la densité de semis 2. Il s'agit des variétés ICP7035 KAMICA, ICP 2671 PUSHKAL, ICPL87119 Asha, ICPL 332 ABAAYA et ICPL85063. A la densité de semis 1, la variété de pois d'angole ICP 8863 MARUTI présente un niveau de respirométrie supérieure aux autres variétés évaluées.

L'évolution croissante de la quantité de CO<sub>2</sub> pour tous les traitements montre que l'activité respiratoire des microorganismes des sols est intense. Cette activité biologique intense est plus significative au niveau des cultures semées à la densité 2 que lorsqu'elles sont à la densité 1. Plus l'activité biologique est intense plus la quantité de CO<sub>2</sub> dégagé est importante. En effet les cultures de pois d'angole, de *Mucuna* et de Niébé ont permis d'accumuler plus de carbone dans les sols, cela est attribuable aux caractéristiques physiologiques de ces plantes améliorantes et à leur capacité à produire de la biomasse. Ces résultats sont similaires à ceux rapportés par NACRO *et al.* (2010) sur le pois d'angole et le *Stylosanthes*. Malgré que ces quantités de CO<sub>2</sub> évoluent positivement, elles restent inférieures à celle du témoin pour toutes les densités. Cela peut s'expliquer du fait que notre expérience s'est réalisée dans des conditions idéales qui peuvent légèrement faire varier des réalités environnementales des parcelles. Selon DENIS (sd), l'activité biologique est influencée par la température, l'humidité du sol et la proportion de carbone mis à la disposition des microorganismes. En effet, la rhizosphère peut influencer l'activité biologique par rapport à un sol non affecté par les racines. La rhizosphère est caractérisée par sa concentration élevée en composés carbonés en comparaison du sol non affecté par les racines (*i.e.* le « bulk soil » cité par BETENCOURT, 2012). Ces légumineuses puisent leurs nutriments dans cette matière organique pour se nourrir et pendant cette nutrition elles absorbent des ions positifs et des ions négatifs. Si les plantes absorbent trop de cations que d'anions, l'excès d'ions positifs sera rejeter dans la rhizosphère cela va entrainer une acidité du milieu cela entraine un ralentissement de l'activité biologique. Compte tenu de tous ces paramètres cités plus haut il est évident qu'il ait une tendance inverse dans nos résultats.

Le témoin a été prélevé immédiatement après un labour et les sols des parcelles de Cajanus, niébé, *Mucuna* sont prélevés quelques mois plus tard. Pendant un labour, un grand nombre d'organismes vivants qui se trouvaient dans la couche arable du sol sont amenés en surface. Un sol prélevé juste après ce labour contient de nombreux microorganismes. Quant aux sols des légumineuses ils ont traversé toute la saison où ils étaient soumis à certaines conditions environnementales telles que la température, les précipitations, la durée de la culture et les actions de l'homme lors du sarclage. Plus le temps passe, plus les effets du labour



disparaissent. Ainsi avec le temps le sol sera tassé formant un sol compact et tous les organismes se trouvent à une certaine profondeur de la surface. Pendant la saison écoulée, les légumineuses peuvent subir un stress hydrique empêchant les racines de bien se développer et le sol peut être trop gorgé d'eau pouvant asphyxier les microorganismes.

Etant donné que ces sols ont subis l'influence des facteurs environnementaux différents, il est évident que l'analyse expérimentale de leur activité biologique présente un minimum d'écart.

La méta-analyse réalisée par SMITH (1992) tend à montrer une relation négative entre la fertilisation en N et les paramètres relatifs à la fixation symbiotique alors qu'une tendance inverse est rapportée dans le cas de la fertilisation P. Il a ainsi été montré une diminution du taux de fixation des légumineuses suite à la fertilisation en N et plus particulièrement l'apport de nitrate (VOISIN *et al.*, 2002 ; LIU *et al.*, 2011; NAUDIN *et al.*, 2011). LEIDI et NAVARO (2000), observent une interaction entre la disponibilité en N et P sur les paramètres de fixation du haricot, l'augmentation de la disponibilité en P ayant un effet positif sur la fixation et plus particulièrement pour de faibles valeurs de disponibilité en N. En effet, les légumineuses établissant une symbiose ont tendance à présenter des besoins en P supérieurs à celles dépendant de la fertilisation N (GRAHAM et VANCE, 2000 Cités par BETENCOURT, 2012).

### ***III.5.3. Minéralisation de l'azote dans le sol***

Les résultats de l'analyse sont mentionnés dans le tableau (15). Dans les témoins, la teneur en ions ammonium a été de 32,2 et 31,5 mg/kg de terre respectivement pour le deuxième et le troisième prélèvement. Si entre les deux prélèvements au niveau du témoin, la variation n'est pas grande, la différence est nette entre le témoin et les autres échantillons. La quantité d'azote minéralisée sur la parcelle témoin est inférieure à celle des parcelles de légumineuses. En effet les feuilles des légumineuses restées au sol pendant la saison sèche, ont été minéralisé par les microorganismes du sol avec l'arrivé des pluies à la fin du mois de Mai.

**Tableau 14 : Teneur du sol en NH<sub>4</sub> en fonction du précédent cultural  
(mg/kg sol sec avec n = 2)**

Densité	Variétés	13 avril 2014	20 avril 2014	27 avril 2014	
Témoin	Témoin		32,2	31,5	
D1	ICPL87119 Asha	53,37	57,63	40,71	
	ICPLB119 GUIMU 3	49,81	51,44	38,93	
	ICPL85063	51,76	51,46	40,32	
	ICP7035 KAMICA	43,49	58,82	41,75	
	ICP7035 GUIMU4FKB Blanc	54,22	47,57	42,23	
	FKB Blanc	56,98	53,64	43,81	
	ICPL 332 ABAAYA	55,52	55,32	44,99	
	ICP 2671 PUSHKAL	49,36	52,30	42,13	
	ICP 8863 MARUTI	53,80	57,55	43,22	
	FKB Rouge	51,26	56,01	40,79	
	<i>Mucuna deeringiana</i>	54,68	57,20	41,80	
	Niébé IS5874	56,83	58,49	42,17	
	D2	ICPL87119 Asha	59,43	55,89	44,45
		ICPLB119 GUIMU 3	53,41	66,22	42,42
ICPL85063		55,04	51,84	44,40	
ICP7035 KAMICA		56,57	53,83	46,44	
ICP7035 GUIMU4FKB Blanc		59,66	56,81	48,30	
FKB Blanc		58,67	59,09	44,60	
ICPL 332 ABAAYA		63,08	58,41	45,86	
ICP 2671 PUSHKAL		54,52	55,85	43	
ICP 8863 MARUTI		57,48	60,04	50,96	
FKB Rouge		57,57	54,53	42,62	
<i>Mucuna deeringiana</i>		60,39	59,86	44,23	
Niébé IS5874		54,41	58,13	46,16	

En comparant la teneur en ammonium du premier prélèvement au troisième prélèvement, on remarque que la quantité d'ammonium obtenue au troisième est nettement inférieure à celle obtenue au premier. Cependant, entre le premier et le deuxième prélèvement, la différence n'est pas grande. Cela pourrait s'expliquer par une baisse de l'activité microbienne responsable de la minéralisation de l'azote organique des feuilles et rameaux de pois d'angole accumulé au sol en ammonium avec l'avancée de la saison. Malheureusement, cette quantité importante (quantité d'ammonium) minéralisée ne peut pas être stockée dans le sol. Elle est perdue par lixiviation, par volatilisation, par dénitrification ou par dénitrification biologique. Au regard de cette dynamique de l'azote dans le sol sous précédents légumineuses, il serait opportun d'installer la culture subséquente le plus tôt possible à partir des premières pluies pour bénéficier d'une quantité d'azote maximale disponible dans le sol par le truchement de la minéralisation.

Pour la même variété de pois d'angole, le *Mucuna* et le niébé, la comparaison des teneurs en ammonium entre les densités de semis 1 (80 x 40 cm) et la densité de semis 2 (40 x 40 cm), montre une disponibilité en ammonium plus important dans le deuxième cas que dans le premier. Cela est conforme à la supériorité de production de biomasse de la densité de semis D2 comparé à celle D1 présenté plus haut.

## CONCLUSION ET RECOMMANDATION

Les résultats obtenus lors de notre étude à la station de Farako-Bâ ont montré que la densité de semis n'a pas eu un effet significatif sur la croissance en hauteur des variétés de *Cajanus cajan*. La croissance des plantes de *Cajanus* est lente au stade juvénile chez toutes les variétés étudiées. Cependant la densité de semis influence la ramification. Le *Mucuna* et le niébé recouvrent rapidement le sol, mais le caractère annuel de leur cycle de développement limite la période de couverture du sol même si le recouvrement est total avec le *Mucuna* et dure un peu plus que le niébé fourrager. Il est préférable de planter le *Cajanus cajan* à la densité de 40 cm x 40 cm pour obtenir les meilleurs rendements de biomasse aussitôt en fin de saison pluvieuse de l'année de plantation. Au regard des résultats obtenus, on serait tenté de dire que le *Mucuna* et le niébé peuvent être utilisés en culture associée avec le sorgho, le mil et le maïs. Cependant, leur caractère volubile oblige à bien étudier cette modalité pour réduire la compétition pour la lumière, éviter l'étouffement des plantes de céréales et surtout faciliter la récolte de la céréale dans la biomasse de la légumineuse. Elles peuvent être en outre utilisées pour la couverture du sol en agriculture de conservation ou engrais vert après enfouissement en fin de saison des pluies. Les résultats de la respirométrie ont montré une diminution progressive de l'activité biologique avec le temps. La minéralisation de l'azote est importante avec les pluies précoces (avril-mai), conduisant à une perte partielle de l'efficacité de valorisation de l'azote contenu dans la biomasse des légumineuses qui tombe au sol. Il serait par conséquent opportun d'installer le plus tôt possible la culture subséquente en début de la saison pluvieuse pour bénéficier de l'importante quantité d'azote ainsi minéralisée.

Compte tenu du fait que l'accumulation de la matière organique se fait sur plusieurs années alors que les cultures dont l'étude a traité l'effet en première année d'installation, nous recommandons que les analyses se poursuivent encore sur au moins deux autres années pour bien percevoir le rôle de ces cultures par rapport au témoin. Il serait mieux d'analyser les échantillons de sol prélevés en deuxième année de culture (quand les cultures sont bien installées) pour mieux orienter la discrimination des variétés en fonction du niveau de respirométrie du sol sous les différentes cultures. Les variétés de *Cajanus cajan* les moins productives en biomasse (ICPL7035\_Kamica, FKB\_Blanc, ICP8863\_Maruti, ICPL7035\_Gumu4 et ICPL87119\_Gumu3\_asha) peuvent présenter un intérêt dans l'association avec les céréales (sorgho, mil, maïs) au regard de sa croissance lente au stade juvénile et pour limiter la compétition avec les cultures.

## BIBLIOGRAPHIE

- ABAIL Z., 2013.** Notion sur les propriétés chimiques du sol et la nutrition des plantes. 35p.
- ADECHOKAN, S.A et C. ADANDEJAN. 2008.** Evaluation Agronomique de plusieurs écotypes fourragers en République du Bénin : Notes du Laboratoire d'Ecologie Appliquée Vol.2, no 2 (2008). Thèse d'ingénieur agronome, soutenue à la Faculté des Sciences Agronomiques, Université Abomey Calavi, Bénin -1993, 138p.
- ADEHOKAN, S.A et. C. ADANDEDJAN. 2008.** Evaluation Agronomique de plusieurs écotypes fourragers en République du Bénin : Notes du laboratoire Appliquées. Vol. 2, no 2 (2008). Thèse d'ingénieurs agronome, soutenue à la faculté des Sciences Agronomiques, Université Abomey Calavi, Bénin-1993(138p).
- AJIWE, V.I.E, C.A. OKEKE, B. NNABUIKE, G.A. OUNLEYE, and E. EMEKA, 1997.** Applications of oils extracted from Africa start apple (*Chrystophyllum africanum*), horse eye bean (*Mucuna solanei*) and Africa pear (*Dacryyodes edulis*) seeds. Bioresource- technology, **59**:259-261.
- ALVAREZ.G, 2002.** Activités biologiques et fertilité des sols. ITAB 1<sup>ère</sup> édition, p.1-21.
- BADO BV., 2002.** Rôle des légumineuses sur la fertilité des sols ferrugineux tropicaux des zones guinéennes et soudaniennes du Burkina Faso. Thèse de Ph.D - Département des sols et Environnement, Université Laval, France. 148p.
- BAGAYOKO, M.S. C. MASON, S. TRAORE, And K. M. EIKERT. 1996.** Pearl millet / cowpea cropping system yield and soil nutrient levels. *African Crop Science Journal* **4 (4)**: 453 - 462.
- BALDOCK, J.A., NELSON, P.N., 2000.** Soil organic matter. In: Sumner, M.E. (Ed.), Handbook of soil science. CRC PRESS, Boca Raton, London, New York, Washington, D.C.
- BARROT A. 2006.** Etude comparé de quatre variétés de *Mucuna* en semi direct à la station de Farako-Ba. Rapport de stage de fin d'étude. CAP-M. 25p.
- BIENAIME, S., 2004.** N deposition, N transformation and N leaching in acid forest soils. *Biogeochemistry* **69**, 241-262.

**BINKLEY, D., HART, S.C., 1989.** The components of nitrogen availability assessments in forest soils. *Advances of Soil Science* 10, 57-112.

**BOSSARD M., 2013.** Les principes de la fertilité des sols. FIBL, 32p.

**BOSSER J., 1956.** Considérations sur les plantes de couvertures, engrais verts, plantes fourragères en pays intertropicaux et plus particulièrement à MADAGASCAR, p59.

**BOUCHENAFI N., OULBACHIR K. et KOUADRIA M., 2014.** Effet du travail du sol sur le comportement physique et biologique d'un sol sous une culture de lentille (*Lens exculenta*) dans la région de taret Algérie. *ESJ* 10(3): 463-4.

**CAMERON R. S. et PONSER A. M., 1979.** Mineralizable organic nitrogen in soil fractionated according to particle size. *J. SoilSci.*30, 565-577.

**CARSKY, R.J., SA., TARAWALI, M. BECKER, D. CHIKOYE, G. TIAN, and N.**

**CARSKY, R.J., SA., TARAWALI, M. BECKER, M. HAUSER, S. 2001.** Mucuna Cover Crop Fallow Systems: Potential and Limitation. In Tian, G, Ishida, F, Keatinge, D. (Eds). *Sustaining Soil Fertility in West Africa*. SSSA Special Publication no. 58, Soil science Society of America and American Society of Agronomy, Madison, WI, USA. Pp. 111-135.

**CESAR J. et GOURO A.** Les légumineuses fourragères herbacées. CIRDES, CIRAD, Fiche no7, 8p.

**COULIBALY K., 2012.** Performance technico-économique des associations maïs /niébé et maïs/mucuna en situation réelle de culture au Burkina Faso : potentiels et contraintes. *TROPICULTURA*: 147-154.

**DALAL R. C. et MAYER R. G., 1987.** Long term trends in fertility of soils under continuous cultivation and cereal cropping in Southern Queensland. VII-Dynamics of nitrogen mineralization potentials and microbial biomass. *Aust.J. SoilRes.* 25, 461-472.

**DERIEUX, M., 1971.** Comportement de quelques légumineuses fourragères en Guadeloupe. *Fourrage* no 45 mars 1971 pp 93 – 132

**DERIEUX, M., 1971.** Quelques données sur le comportement du pois d'Angole en Guadeloupe (Antilles Françaises). *Ann. Amélior. Plantes*, 1971,21 (4), 373-407

**EBERLEE, J.1999.** Les plantes de couverture pour améliorer la fertilité des sols en Afrique. Nouvelle, 299.4p.

**EILITTA, M., R. BRESSANI, L.B. CAREW, R.J. CARSKY, M. FLORES, R. FRETEAUD, 1983.** Synthèse des recherches agro climatologiques sur le niebe Bambey, CNRA, 44p

**GASSELIN P. 2010.** La fertilité revisitée : Innovation et crise des agricultures de l'altiplano bolivien. ISDA, 14p.

**GBAKATCHETCHE H., SANOGO S., CAMARA M., BONET A., KELI J. Z., 2010.** Effet du paillage par des résidus de poids d'angole (*Cajanus cajan* L.) sur le rendement du riz (*Oryza sativa*) pluvial en zone forestière de Côte d'Ivoire. Agronomie africaine 22 (2): 131-137.

**GENOT V.** La fertilité et la biodiversité dans les sols. 453-467, 16p.

**GILBERT, L. HUYCK, L. St-LAURENT and N.J. SZABO. 2000.** *Mucuna* as a food and feed crop : an Overview.

**GUILBAULT P, 2011.** Intérêts et limites des différentes formes d'azotes apportées au sol en viticulture. In Colloque IFV Sud-Ouest - 2011 – Toulouse.

**GUINKO, S. 1984.** La végétation de la Haute volta. Thèse d'Etat, Sciences Naturelles, Université de Bordeaux, 318 p.

**HUBER G. et SCHAUB C., 2011.** Guide des fertilisants azotés utilisables en bio. Chambre d'Agriculture BAS-RHIN, 16 p.

**IFE J-C MASSON, 2012.** Comprendre la formation et la fertilité des sols.5p.

**JARVIS S, STOCKDALE E, SHEPHERD M, et POWLSON D 1996** Nitrogen mineralization in temperate agricultural soils: processes and measurement. *Advances in Agronomy*57: 187-235

**JUSSY, J.H., COLIN-BELGRAND, M., DAMBRINE, E., RANGER, J., ZELLER, B., NACRO S., 2010.** Effets comparés des pratiques paysannes et des bonnes pratiques agricoles de gestion de la fertilité des sols sur les propriétés des sols et les rendements des cultures dans la zone sud soudanienne du Burkina Faso. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 4(4) :80-87.

**NIYONKURU D. N., 2002.** La culture du pois cajan. EDITIONS SAILD COLLECTION EXPERIENCES DES FEDERATIONS NO 10, 23p.

**PETIT J. et JOBIN.P, 2005.**La fertilisation organique des cultures. CRAAQ, ISBN 2-9809006-0-5,48 p.

**RAJARAM, N. and K. JANARDHANAN, 1991.** The biochemical composition and nutritional potential of the tribal pulse, *Mucuna gigantean* ( Willd ) D. C. *Plant Foods for Humain Nutrition* 41: 45-51.

**REICH, P.B., GRIGAL, D.F., ABER, J.D., GOWER, S.T., 1997.** Nitrogen mineralization and productivity in 50 hardwood and conifer stands on diverse soils. *Ecology* 78, 335-347.

**SANGINGA. 1998.** *Mucuna*-herbaceous cover legume with potential for multiple uses. Resource and Management Research Monograph 25. International Institue of Tropical Agriculture. Ibadan; Nigeria.

**SEGDA, Z.V. HIEN, F. LOMPO et M. BECKER. 1998.** Gestion améliorée de la jachère par l'utilisation de légumineuse de couverture. [WWW.idrc.ca/fr/ev-31929-201-1-DO\\_TOPIC.html](http://WWW.idrc.ca/fr/ev-31929-201-1-DO_TOPIC.html).

**SIDDHURAJI, P., K. VIJAYAKUMARI, and K. JANARDHANAN, 1996.** Chemical composition and protein quality of the little-known legume, velvet bean ( *Mucuna pruriens* ( L.) D.C ). *Journal of Agriculture and food chemistry*, 44: 2636-2641.

**SODERLUND, R., SVENSSON, B.H., 1976.** The global nitrogen cycle. *Ecological Bulletins*, 22: 23-73.

**THEORIE B1.** Détermination de la fertilité chimique : téléchargé le 10/05/2014.

**VEDIE H., 2003.** Evaluer la fertilité des sols. ITAB, 4p.

**WEISSEN, F., HAMBUECKERS, A., VAN PRAAG, H.J., REMACLE, J., 1990.** A decennial control of Ncycle in the Belgian Ardenne forest ecosystems. *Plant and Soil* 128, 59-66. Le Houérou 19 *Cajanus cajan* (L.) Millsp. Rome, FAO.