# TABLE DES MATIERES

**Pages**

**DEDICACE** ..... **iv**

**REMERCIEMENTS** ..... **v**

**LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS** ..... **vi**

**LISTE DES TABLEAUX** ..... **vii**

**LISTE DES FIGURES** ..... **viii**

**RESUME** ..... **ix**

**SUMMARY** ..... **x**

**INTRODUCTION** ..... **1**

**I. SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE** ..... **3**

**I.1. Généralités sur le niébé** ..... **4**

I.1.1. Importance de la culture du niébé ..... 4

I.1.2. Origine et classification botanique ..... 4

I.1.3. Description morphologique ..... 5

I.1.4. Exigences écologiques ..... 6

I.1.5. Symbiose fixatrice de l'azote atmosphérique ..... 7

*I.1.5.1. Définition et importance agronomique* ..... 7

*I.1.5.2. Facteurs influençant la fixation symbiotique* ..... 7

I.1.6. Facteurs influençant le rendement du niébé ..... 8

**I.2. Généralités sur la fertilisation du sol** ..... **9**

I.2.1. Notion de fertilité du sol et de fertilisation ..... 9

I.2.2. Techniques de gestion de la fertilité des sols ..... 10

*I.2.2.1. Fertilisation organique* ..... 10

*I.2.2.2. Fertilisation minérale* ..... 10

*1.2.2.3. Limites d'une technique de gestion unilatérale de la fertilité des sols* ..... 11

*I.2.2.4. Fertilisation organo-minérale* ..... 11

I.2.3. Rôle du pH et de quelques éléments fertilisants ..... 12

*I.2.3.1. pH* ..... 12

*I.2.3.2. Azote (N)* ..... 13

*I.2.3.3. Phosphore (P)* ..... 14

*I.2.3.3. Potassium (K)* ..... 14

I.2.4. Rôle de la matière organique dans la fertilité des sols ..... 15

I.2.5. Effet de la fertilisation sur les rendements des légumineuses ..... 16

**II. MATERIEL ET METHODES** ..... **17**

**II.1. Généralités sur la zone d'étude** ..... **18**

II.1.1. Situation géographique ..... 18

II.1.2. Climat et végétation ..... 19

II.1.3. Relief et sols ..... 20

II.1.4. Caractéristiques de la population ..... 21
II.1.5. Activités socioéconomiques ..... 21
*II.1.5.1. Agriculture* ..... 21
*II.1.5.2. Elevage* ..... 21
*II.1.5.3. Commerce* ..... 22
*II.1.5.4. Autres activités* ..... 22
**II.2. Matériel d'étude ..... 23**
II.2.1. Matériel végétal ..... 23
II.2.2. Fertilisants utilisés ..... 23
**II.3. Méthodes d'étude ..... 23**
II.3.1. Choix des producteurs ..... 23
II.3.2. Dispositif expérimental ..... 23
II.3.3. Conduite des essais ..... 25
*II.3.3.1. Opérations culturales* ..... 25
*II.3.3.2. Paramètres mesurés* ..... 26
*II.3.3.3. Méthode de collecte des données* ..... 26
II.3.4. Collecte des échantillons de sol ..... 27
II.3.5. Analyse de laboratoire ..... 28
*II.3.5.1. Préparation des échantillons* ..... 28
*II.3.5.2. Méthodes d'analyse chimique des échantillons de sols* ..... 28
*II.3.5.3. Analyse chimique des échantillons de végétaux* ..... 29
II.3.6. Analyse des données et présentation des résultats ..... 29
**III. RESULTATS ET DISCUSSION ..... 30**
**III.1. Résultats ..... 31**
III.1.1. Caractéristiques physico-chimiques initiales des sols ..... 31
III.1.2. Caractéristiques chimiques initiales du compost appliqué ..... 31
III.1.3. Effet des traitements sur la nodulation du niébé ..... 31
III.1.4. Effet des traitements sur le rendement en gousses, graines et biomasse aérienne du niébé ..... 32
III.1.5. Effet des traitements sur la teneur en azote et phosphore totaux de la biomasse souterraine ..... 33
III.1.6. Effet des traitements sur la teneur en azote et phosphore totaux de la biomasse aérienne ..... 34
III.1.7. Effet des traitements sur le pH-eau et le pH-kcl du sol ..... 35
III.1.8. Effet des traitements sur la teneur en carbone total et en azote total ..... 36
III.1.9. Effet des traitements sur le rapport C/N et la teneur en phosphore total du sol ..... 37
III.1.10. Effet des traitements sur la teneur en phosphore assimilable et en potassium total du sol ..... 38
**III.2. Discussion ..... 40**
III.2.1. Effet des traitements sur la nodulation, le rendement et les paramètres chimiques des biomasses ..... 40
III.2.2. Effet des apports de fertilisants sur les paramètres chimiques du sol ..... 41
**CONCLUSION, RECOMMANDATIONS ET PERSPECTIVES ..... 44**

**REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES** ..... **46**
**ANNEXES** ..... **A**

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

**DEDICACE**

*Je dédie le présent mémoire aux membres de ma famille en particulier à ceux qui ont été arrachés à notre affection au cours de cette année 2016.*

# REMERCIEMENTS

Le présent mémoire a vu le jour grâce au concours de certaines personnes et institutions. Nous tenons à les remercier à travers les lignes qui suivent. Sans être exhaustifs, il s'agit :

- du Dr Jacob SANOU, directeur régional de la DRREA-Ouest, qui nous a accueillis dans son institution ;
- du Dr Alain P. K. GOMGNIMBOU, chercheur à l'INERA, notre maître de stage, qui malgré ses occupations et engagements, a accepté diriger ce travail et œuvré pleinement à l'aboutissement de ce mémoire ;
- du Dr Kalifa COULIBALY, notre directeur de mémoire, pour son enseignement et ses brillantes suggestions depuis l'élaboration du protocole de stage, jusqu'à la finalisation du présent mémoire ;
- du Dr Bernard BACYE et du Dr Fernand SANKARA, respectivement directeur et directeur adjoint de l'IDR, pour leur accompagnement ;
- du Dr Ollo HIEN, coordonnateur du département Production Animale de la DRREA-Ouest ;
- du Dr Timbilfou KIENDREBEOGO, Dr Alima KOMBARI, M. Etienne SODRE, M. Alain MILLOGO, M. Yacouba KAGEMBEGA, M. Missa SANOU et Mme Kadi SANOU, pour leur soutien et encouragement ;
- de M. Sié Amoro OUATTARA et tout le personnel du Laboratoire GRN/SP de l'INERA/station de Farako-bâ ;
- de M. Souleymane OUATTARA et M. Alain SOUNTOURA, pour l'accompagnement, le soutien et les conseils reçus depuis le début du stage jusqu'à l'élaboration de ce mémoire ;
- de M. Adama SOULAMA et M. Boureima OUATTARA pour les différents appuis ;
- de tout le personnel de l'IDR et tous les enseignants qui ont conduit notre formation ;
- de nos camarades de classe, pour leur courage et leur détermination ;
- de tout le personnel du Cabinet CACE pour les multiples apports ;
- du projet de formation ayant fait l'objet de cette étude, pour les soutiens multiples ;
- de notre très cher ami M. Missa SANOU et notre bien aimée Mlle Elisabeth SANOU, pour leurs conseils et encouragements ;
- de tous les jeunes producteurs du village de *Finlandé* en particulier M. Tièmogo OUATTARA, pour leur indispensable complicité à la réalisation de cette étude ;
- de tous les chercheurs du monde, pour leurs brillants résultats indispensables à l'interprétation des nôtres.

Qu'ils puissent trouver dans ce présent, les fruits de la confiance placée en notre personne !

## LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS

**AFNOR** : Association Française de Normalisation

**ANOVA** : Analyse de Variance

**BUNASOLS** : Bureau National des Sols

**CACE** : Cercle d'Assistance et de Conseils en Environnement

**CAS** : Chambre Syndicale des Améliorants Organiques et Supports de Culture

**CESAO-PRN** : Centre d'Etudes Economiques et Sociales de l'Afrique de l'Ouest

**DRREA** : Direction Régionale de Recherche Environnementale et Agricole

**EMP** : Expérimentation en Milieu Paysan

**GRN/SP** : Gestion des ressources Naturelles/Système de Production

**IIFA** : International Fertilizer Industry Association

**INERA** : Institut de l'Environnement et de Recherche Agricole

**INSD** : Institut National de la Statistique et de la Démographie

**ISRA** : Institut Sénégalais de Recherches Agricoles

**ITT** : Institut Technique Tropical

**JAS** : Jour après Semis

**MARHASA** : Ministère de l'Agriculture, des Ressources Hydrauliques, de l'Assainissement et de la Sécurité Alimentaire

**MEDD** : Ministère de l'Environnement et du Développement Durable

**PNSR** : Programme National du Secteur Rural

**SCADD** : Stratégie de Croissance Accélérée et de Développement Durable

**FAO** : Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture

**NPK** : Complexe d'engrais composé de : azote (**N**), phosphore (**P**), potassium (**K**)

# LISTE DES TABLEAUX

**Pages**

Tableau I : Caractéristiques chimiques initiales des sols ..... 31

Tableau II : Composition chimique du compost ..... 31

Tableau III : Nombre moyen de nodules par plante en fonction des traitements et des périodes ..... 32

Tableau IV : Nombre moyen de gousses par plante, nombre moyen de graines par gousse, poids de 100 graines et poids de la biomasse aérienne en fonction des traitements ..... 33

Tableau V : Effet des traitements sur la teneur en azote et phosphore totaux de la biomasse souterraine ..... 34

Tableau VI : Effet des traitements sur la teneur en azote et phosphore totaux de la biomasse aérienne ..... 35

Rapport-Gratuit.com

# LISTE DES FIGURES

**Pages**

Figure 1 : Situation géographique de la commune de Péni ..... 18
Figure 2 : Evolution annuelle des hauteurs d'eau cumulées à Farako-bâ de 2006 à 2015..... 19
Figure 3 : Evolution mensuelle des hauteurs d'eau cumulées en 2015 dans la station de Farako-bâ..... 20
Figure 4 : Schéma du dispositif expérimental ..... 24
Figure 5 : Localisation des parcelles de l'étude ..... 25
Figure 6 : Effet des traitements sur le pH-eau..... 36
Figure 7 : Effet des traitements sur le pH-kcl ..... 36
Figure 8 : Effet des traitements sur la teneur en carbone total (%) ..... 37
Figure 9 : Effet des traitements sur la teneur en azote total (%) ..... 37
Figure 10 : Effet des traitements sur le rapport C/N ..... 38
Figure 11 : Effet des traitements sur la teneur en phosphore total (mg/kg) ..... 38
Figure 12 : Effet des traitements sur la teneur en Phosphore assimilable (mg/kg) ..... 39
Figure 13 : Effet des traitements sur la teneur en potassium total (mg/kg) ..... 39

# RESUME

Le niébé (*Vigna unguiculata* L. Walp.) est l'une des principales légumineuses alimentaires mondiales. Il est très apprécié pour ses vertus alimentaires, agronomiques et économiques. Sa culture intéresse alors les producteurs. Par contre, les sols du Burkina Faso sont caractérisés par une tendance à l'acidification et une baisse de la teneur en éléments fertilisants tels que le phosphore et l'azote qui ont une incidence directe sur les rendements. Pour intensifier la production du niébé, il devient alors nécessaire de choisir une option de fertilisation. D'où l'intérêt de notre étude qui visait à promouvoir les modes de fertilisation pouvant améliorer la productivité du niébé. L'étude s'est réalisée dans le village de *Finlandé* appartenant à la commune rurale de Péni, avec un échantillon de 23 jeunes producteurs de semences de niébé. Nous avons adopté un dispositif expérimental en blocs dispersés où chaque bloc correspondait à une parcelle paysanne. Chaque producteur disposait d'une parcelle (0,25 ha) subdivisée en deux parcelles élémentaires pour la culture pure du niébé (variété KVx 775-33-2G) suivant deux traitements : T1 (NPK + urée) et T2 (NPK + urée + compost). Les paramètres agronomiques mesurés étaient : le nombre de nodules par plante ; la teneur en azote et phosphore totaux des biomasses ; le nombre de gousses par plante ; le nombre de graines par gousse ; le poids de la biomasse aérienne ; le poids de 100 graines ; le rendement graines à l'hectare (ha). Quant aux paramètres chimiques des sols nous avons mesuré le pH-eau ; le pH-kcl ; le carbone total ; le rapport C/N ; le phosphore total ; le phosphore assimilable ; et le potassium total. Les résultats ont montré que seuls les paramètres chimiques des sols ont été influencés significativement par les traitements au seuil de 5 %. Du 60$^{ème}$ JAS à la récolte, le nombre de nodules est passé de 28,06 à 6 pour T1 et de 22,75 à 7,31 pour T2. Les rendements graines étaient de 624,39 kg/ha et 868,58 kg/ha respectivement pour T1 et T2. Concernant les paramètres chimiques des sols après la récolte, le traitement T2 à la profondeur 0-10 cm (T2_10) a fourni les meilleures valeurs par rapport à T1 en termes de pH-eau, de pH-kcl, de carbone total, d'azote total, de phosphore total et de phosphore assimilable que sont respectivement 5,91 ; 5,35 ; 0,91 % ; 0,072 %, 114,98 mg/kg et 5,11 mg/kg. Il ressort de cette étude que l'effet bénéfique du compost par la libération d'éléments nutritifs ne se perçoit qu'à long terme. Pour percevoir la tendance des résultats dans le temps, ce dispositif devrait être reconduit et suivi d'un essai en milieu contrôlé pour proposer des options de fertilisation pouvant améliorer durablement la fertilité des sols et intensifier la production du niébé.



**Mots clés** : niébé ; nodule ; production ; fumure organo-minérale ; fertilité du sol ; Burkina Faso.

## SUMMARY

Cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.) is one of principal world food leguminous plants. It is an important source of foreign exchange for Burkina Faso and is prized for its agronomic and nutritional virtues. Its cultivation then interest producers. By cons, the soils of this country are characterized by a tendency to acidification and a decrease in nutrient content such as phosphorus and nitrogen, which have a direct impact on yields. To increase cowpea production, it then becomes necessary to choose a fertilizer option. Hence the interest of our study which aims to promote fertilization methods being able to improve the cowpea productivity. The study was been realized in the village of *Finlandé* pertaining to the Peni rural commune, with a sample of 23 young cowpea seed producers. We adopted an experimental setup in scattered blocks where each block corresponded to a country piece. Each producer had a plot (0,25 ha) divided into two elementary plots for pure culture of cowpea (variety KVx 775-33-2G) following two treatments: T1 (NPK + urea) and T2 (NPK + urea + compost). The measured agronomic parameters were : the number of nodules per plant ; the content totals nitrogen and phosphorus of the biomass ; the number of pods per plant ; the number of seeds per pod ; the weight of aboveground biomass ; the weight of 100 seeds ; the seeds yield per hectare (ha). As for the chemical parameters of the soils, we measured pH-water ; pH-kcl ; total carbon ; C/N report ; total phosphorus ; available phosphorus ; and total potassium. The results show that only the soil chemical parameters were significantly influenced by the treatments at the 5 % threshold. Of the 60$^{th}$ JAS to harvest, the mean number of nodules is increased from 28.06 to 6 for T1 and from 22.75 to 7.31 to T2. Seeds yields were of 624.39 kg/ha and 868.58 kg/ha respectively to T1 and T2. Concerning the chemical parameters of the grounds after harvest, the T2 treatment depth 0-10 cm (T2_10) provided the best values compared to T1 in terms of pH-water, pH-kcl, total carbon, total nitrogen, total phosphorus and available phosphorus which are respectively 5.91; 5.35; 0.91 %; 0.072 %, 114.98 mg/kg and 5.11 mg/kg. It come out from this study that the beneficial effect of compost by the release of nutrients is perceived only in the long run. To perceive the tendency of the results over time, this setup should be renewed and followed of a controlled field trial to propose fertilization options being able to durably improve soil fertility and intensify cowpea production.

**Keywords** : cowpea ; nodule ; production ; organo-mineral fertilizer ; soil fertility ; Burkina Faso.

# INTRODUCTION

Le Burkina Faso est un pays essentiellement agricole dont l'état des ressources naturelles est fortement tributaire des aléas climatiques (MEDD, 2014). Le secteur rural joue un rôle primordial dans le développement socio-économique du pays avec 86 % de la population active et environ 30 % du PIB. Il constitue la base de la sécurité alimentaire et nutritionnelle des populations et contribue pour plus de 60 % aux revenus des ménages agricoles (SCADD, 2013). Les céréales (mil, sorgho, maïs, riz, fonio) constituent les principales productions végétales au Burkina Faso (PNSR, 2012). A côté, nous avons également la culture de légumineuses telles que le niébé. Le niébé est l'une des principales légumineuses alimentaires mondiales. C'est une culture vitale pendant les périodes de soudure (NADJIAM et TOUROUMNGAYE, 2014). Il constitue une importante source de devises. Au Burkina Faso, la moyenne quinquennale de la production de niébé lors des campagnes agricoles passées, était de 543 817 tonnes. Une partie de la production est exportée au Mali, au Sénégal, au Liberia et en Mauritanie (MARHASA, 2015). De plus, le niébé occupe de nos jours une importante place en agronomie car il peut être utilisé comme culture d'association ou de rotation et est capable de fixer l'azote atmosphérique. Dans de tels systèmes, il constitue une source d'azote pour les cultures céréalières, notamment dans les zones caractérisées par une faible fertilité du sol (DUGJE *et al*., 2009). Le bilan de l'azote montre que par leur capacité à utiliser l'azote atmosphérique, les légumineuses prélèvent moins d'azote dans le sol et appauvrissent moins vite le sol en cet élément, favorisant ainsi la nutrition azotée de la culture subséquente (BADO, 2002). L'importance de cette culture incite donc les producteurs à lui réserver une part soutenue de l'exploitation agricole.

Par contre, les sols au Burkina Faso sont caractérisés par une baisse du taux de la matière organique (< 1 % pour 60 % des sols), une désaturation du complexe absorbant et une acidification (KOULIBALY, 2014). De plus, du fait de la forte pression démographique, les jachères de longue durée sont moins pratiquées (ZEINABOU *et al.*, 2014). La culture continue couplée à l'exportation des nutriments par des cultures exigeantes (coton et maïs) sur des sols pauvres, sont des facteurs qui maximisent les risques de baisse de la fertilité des sols, avec comme corollaires la baisse des rendements agricoles, la baisse des revenus et plus globalement la fragilisation de la sécurité alimentaire (SEGDA *et al*., 2001 ; COULIBALY *et al*., 2012 ; IIFA, 2014). Malheureusement, dans un pays comme le Burkina Faso, les pratiques culturales ne vont pas de paire avec une volonté d'intensifier la production du niébé par le choix d'une pratique de fertilisation ayant une action soutenue sur les composantes du

rendement du niébé. En effet, selon N'GBESSO *et al*. (2013a), la capacité de production de nodules, de fleurs et de gousses, de graines par gousse et le poids de 100 graines constituent les variables déterminantes pour la prédiction du rendement chez le niébé. De même, plusieurs travaux ont prouvé l'effet bénéfique des fumures sur le rendement du niébé (BADO, 2002 ; DUGJE *et al*., 2009 ; ISHIKAWA *et al*., 2013 ; SOME *et al*., 2014). Les travaux de BADO (2002) ont montré que cette culture, malgré sa capacité à fixer l'azote atmosphérique, a aussi besoin d'un complément de fumure comme stimulateur de croissance au démarrage. SOME *et al*. (2014) ont montré que l'utilisation du compost sur le niébé améliore significativement sa résistance au stress hydrique et permet d'augmenter son rendement graines. Les modes d'apport des fumures devraient aussi tenir compte du contexte actuel où il est question de pallier l'effet acidifiant des engrais minéraux utilisés seuls par leur adjonction à la fumure organique (HOUOT *et al*., 2009 ; SANTOS *et al*., 2011).

C'est dans cette optique d'intensification durable de la production du niébé que s'inscrit le présent travail avec le thème : « Effets de la fertilisation organo-minérale sur le rendement du niébé (*Vigna unguiculata* L. Walp.) et les paramètres chimiques du sol en situation réelle de culture à l'ouest du Burkina Faso ».

L'objectif global de cette étude était de promouvoir les modes de fertilisation pouvant améliorer la productivité du niébé. Spécifiquement, il s'agissait :

- d'évaluer l'effet de la fertilisation organo-minérale sur les composantes du rendement du niébé ;
- de déterminer l'effet de la fertilisation organo-minérale sur la teneur en azote (N) et en phosphore (P) de la biomasse aérienne et souterraine du niébé ;
- de mesurer l'effet de la fertilisation organo-minérale sur les paramètres chimiques du sol.

Pour atteindre ces objectifs, l'étude s'est basée sur les hypothèses suivantes :

- la fertilisation organo-minérale bonifie l'évolution des composantes du rendement du niébé ;
- les teneurs en N et en P des biomasses aérienne et souterraine sont améliorées par la fertilisation organo-minérale ;
- la fertilisation organo-minérale restaure les paramètres chimiques du sol.

Outre l'introduction et la conclusion, le présent mémoire est articulé autour de trois (03) points : le premier est consacré aux généralités sur le niébé et la fertilisation ; le deuxième présente le matériels utilisé et la méthodologie adoptée ; le troisième montre les résultats obtenus suivis de la discussion.

# I. SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

## I.1. Généralités sur le niébé

### I.1.1. Importance de la culture du niébé

Le niébé est une plante traditionnellement cultivée en Afrique, en association le plus souvent avec d'autres cultures vivrières comme le maïs, le mil et le sorgho (N'GBESSO *et al.,* 2013a). Dans un système de rotation, le niébé joue un important rôle comme source d'azote pour les cultures céréalières, notamment dans les zones caractérisées par une faible fertilité du sol. Ses besoins en azote sont peu élevés ; ses racines sont munies de nodosités peuplées de bactéries (Rhizobiums) qui contribuent à la fixation de l'azote atmosphérique (DUGJE *et al*., 2009). Cette légumineuse est utilisée entre autres, comme engrais vert en Australie et dans le Sud-Est des Etats-Unis d'Amérique et comme une plante fourragère dans la majeure partie du Sahel (EHLERS et HALL, 1997). Elle peut être utilisée dans la médecine traditionnelle (KRASOVA ép. WADE, 2003). C'est également l'une des principales légumineuses alimentaires mondiales. Dans certains pays tropicaux, le niébé fournit plus de la moitié des protéines consommées et joue un rôle clé dans l'alimentation (PASQUET et BAUDOIN, 1997). Sa teneur en protéine est 3 à 4 fois plus élevée que celle du mil ou du sorgho (BAOUA *et al*., 2015). Les teneurs élevées en calcium (90 mg/100 g), en fer (6 à 7 mg/100 g), en acide nicotinique (2 mg/100 g) contenues dans le niébé contribuent pour une part substantielle à combler les besoins alimentaires des populations dans les pays tropicaux (BRESSANI, 1997 ; N'GBESSO *et al.,* 2013a). En Afrique, c'est un aliment de base apprécié pour ses feuilles, ses gousses vertes et ses graines sèches, qui peuvent être consommées et commercialisées (ISRA *et al*., 2005). Dans la plupart des régions de culture, les jeunes pousses et les feuilles sont consommées sous forme de légumes feuilles (SIEMONSMA, 1982). Ses graines représentent une précieuse source de protéines végétales, de vitamines et de revenus pour l'homme (DUGJE *et al.*, 2009). Les fanes de niébé sont utilisées dans l'alimentation du bétail (ISHIKAWA *et al*., 2013). C'est donc une culture à promouvoir en raison de son importance économique et sociale (BAOUA *et al*., 2015).

### I.1.2. Origine et classification botanique

Il y'a une incertitude sur le pays d'origine du niébé (KRASOVA ép. WADE, 2003). Selon VAVILOV (1951), une zone présentant une diversité maximale pour une plante cultivée donnée est également susceptible de devenir le centre de domestication de l'espèce. Le niébé est cultivé ou collecté en Afrique tropicale depuis l'époque préhistorique (NEBIE, 1992). Il a été domestiqué en Afrique de l'Ouest et a été diffusé dans les autres régions de l'Afrique et sur les autres continents par les migrations et les routes de commerce à travers l'Egypte et

l'Arabie Saoudite (KRASOVA ép. WADE, 2003). FARIS (1963) cité par SAWADOGO (2009), après des études qui se sont reposées sur une description cytologique et morphologique des formes sauvages et cultivées du niébé, montre que l'Afrique de l'Ouest et plus probablement le Nigeria serait le centre d'origine du niébé.

Le niébé, communément appelé « cowpea » par les Anglo-saxons, est un *Dycotyledonea* appartenant à l'ordre des *Fabales*, à la famille des *Fabaceae* (ou encore *Leguminoseae*), à la sous-famille des *Faboideae* (ou encore *Papillionaceae*), à la tribu des *Phaseoleae* et à la sous-tribu des *Phaseolinae* (MARECHAL *et al.*, 1978). Il y'a une confusion sur la classification et la nomenclature des taxa intra-spécifiques. Toutefois, les points de vue s'accordent sur le fait que le niébé relève du genre *Vigna* et de l'espèce *unguiculata* (NEYA, 2011). Le nom de *V. unguiculata* est tiré du latin *Vigna* = liane et *unguiculus* = ongle, griffe, car le sommet de la gousse ressemble à une griffe (HEDJAL-CHEBHEB, 2014). Selon NG et MARECHAL (1985) cités par NEYA (2011), il existe plusieurs sous-espèces de *Vigna unguiculata* dont cinq (05) sont bien identifiées : *V. unguiculata*, *V. cylindrica*, *V. sesquipedalis*, *V. dekindtiana* et *V. mensensis*. Trois d'entre elles sont cultivées (*V. unguiculata*, *V. cylindrica* et *V. sesquipedalis*) alors que les deux autres vivent à l'état sauvage.

### I.1.3. Description morphologique

Le niébé est une espèce diploïde, avec 2n = 22 chromosomes de petite taille, comme chez la plupart des espèces de *Phaseolinae* (MARECHAL *et al.*, 1978). C'est une plante morphologiquement proche du haricot (*Phaseolus vulgaris*) et appartenant comme celui-ci à la famille des légumineuses (CESAO-PRN, 2009). Sa germination est épigée (PASQUET et BAUDOIN, 1997). Il s'agit d'une plante herbacée annuelle et grimpante. On en rencontre trois types caractérisés par le port : le niébé à port érigé, le niébé à port semi-rampant et le niébé à port rampant (SY, 2001). Le système racinaire est pivotant avec une abondante ramification, ce qui confère à la plante une certaine tolérance à la sécheresse. La racine principale a une longueur supérieure à 30 cm au début de la floraison. La tige, pouvant atteindre 4 mètres de long, est de forme anguleuse ou presque cylindrique. Les deux premières feuilles sont simples et opposées. Les feuilles suivantes sont alternes, trifoliées et de couleur vert foncé ou vert clair. Leur forme varie de globuleuse à effilée avec des formes intermédiaires (NEYA, 2011). Les folioles, ovales, aiguës sont généralement entières, parfois lobées (SOU, 1998). La foliole terminale est large. La floraison du niébé peut être étalée ou groupée. L'inflorescence est un racème axillaire non ramifié portant plusieurs fleurs ; elle peut se situer au-dessus du feuillage ou à différents niveaux de la frondaison. Le rachis est

contracté (DRABO, 1981 cité par NEYA, 2011). Les fleurs, de couleur blanche, jaunâtre, bleu pâle, rose ou violette, sont à l'extrémité d'un long pédoncule, formant des grappes axillaires (SOU, 1998). Le fruit est une gousse linéaire cylindrique, rectiligne et légèrement courbée, pourvue d'un bec court brun à pâle à maturité, contenant 8 à 30 graines. Les gousses non déhiscentes de dimension allant de 8,5-30 cm x 0,5-1,2 cm selon les variétés, sont dressées par paire formant un V (CESAO-PRN, 2009). A maturité, elles renferment des graines dont la couleur, la taille et la forme sont variables (NEYA, 2011). Selon SOU (1998), les graines peuvent être au nombre de 8 à 20 par gousse et de forme ellipsoïde, plus ou moins arrondie, avec un tégument épais, de couleur blanche, blanc rosé, brune ou rosée. Le hile est souvent cerné de noir ou de brun, tranchant sur la teinte du tégument. Les réserves de la graine se trouvent dans les deux volumineux cotylédons qui occupent tout son volume. Chez le niébé, le potentiel de rendement graines varie de 1,5 à 2 tonnes à l'hectare en station et le poids moyen de 100 graines peut atteindre 25 g (NEYA, 2011).

### I.1.4. Exigences écologiques

Le niébé est une légumineuse herbacée tropicale (PASQUET et BAUDOIN, 1997). Les variétés photosensibles sont adaptées aux conditions sahéliennes et soudano-sahéliennes (SUMMERFIELD *et al*., 1985 cités par SOU, 1998). Il se cultive entre les isohyètes 300 et 1500 mm (DRABO, 1981 cité par NEYA, 2011). Il affiche une bonne performance dans les zones agro-écologiques où la pluviométrie est de 500 à 1200 mm/an (DUGJE *et al.*, 2009). Il se cultive à la fois sur des sols sablonneux ou argileux, fertiles ou pauvres et même sur des sols acides lorsque le drainage est adéquat (KASSAM, 1976). Il ne supporte pas l'engorgement des sols (NEYA, 2011). Il tolère la sécheresse. Toutefois, c'est sur des sols bien drainés, sableux-limoneux à limoneux-argileux, à pH 6 ou 7, qu'il atteint ses meilleurs rendements (DUGJE *et al.*, 2009). Il supporte relativement bien les fortes chaleurs si le sol est suffisamment pourvu en eau mais son cycle est allongé par les basses températures (SY, 2001). Il peut être cultivé en conditions pluviales, sous irrigation ou avec l'humidité résiduelle du sol le long des fleuves, ou dans les plaines lacustres en saison sèche, pourvu que les minima et maxima de température (nocturnes et diurnes) soient dans une fourchette de 28 à 30°C pendant la campagne culturale (DUGJE *et al.*, 2009). Le gel lui est fatal et une température d'au moins 8 à 11°C est nécessaire à tous les stades de son développement (PASQUET et BAUDOIN, 1997). Lorsque les graines sont semées à une profondeur convenable (2 à 3 cm), à une température optimale (28° C), les plantules émergent en 2 ou 3 jours (SUMMERFIELD *et al*., 1985 cités par SOU, 1998).

### I.1.5. Symbiose fixatrice de l'azote atmosphérique

#### *I.1.5.1. Définition et importance agronomique*

L'azote atmosphérique ($N_2$) est inerte et comme tel, il n'est pas assimilable par les plantes. Plusieurs phénomènes naturels permettent de transformer ce di-nitrogène atmosphérique en azote assimilable pour les végétaux. Ce phénomène a lieu grâce à une symbiose très particulière entre les légumineuses et des bactéries de la famille *Rhizobiaceae*, appartenant au genre *Rhizobium* (KRASOVA ép. WADE, 2003). La fixation symbiotique de l'azote est définie comme un processus par lequel les bactéries du sol transforment l'azote inerte de l'air en une forme d'azote capable d'être assimilée par la plante pour sa nutrition (KARABONEYE, 2013). Cette symbiose se manifeste par la formation d'un organe particulier, la nodosité (ou nodule), au sein duquel le rhizobium est capable de fixer l'azote atmosphérique. La fixation symbiotique de l'azote atmosphérique par les légumineuses est un processus naturel très répandu, responsable d'une majeure partie des entrées d'azote dans les écosystèmes terrestres (KRASOVA ép. WADE, 2003). Grâce à ce processus, le niébé peut satisfaire en grande partie à ses besoins en azote (KRASOVA ép. WADE, 2003 ; DUGJE *et al.*, 2009 ; ISHIKAWA *et al*., 2013). La présence de nombreux nodules sur les racines et aux collets des tiges, favorise une bonne fixation de l'azote atmosphérique ce qui induit un développement important des ramifications fructifères et une production abondante de gousses chez certaines variétés de niébé (N'GBESSO *et al.*, 2013a). Les légumineuses peuvent ainsi améliorer le bilan de l'azote dans les systèmes de culture et augmenter le rendement des céréales subséquentes (BADO, 2002 ; ZEINABOU *et al*., 2014). On peut assumer qu'un système de culture utilisant une légumineuse fixatrice d'azote en rotation ou en association, aura probablement un meilleur bilan en azote et une meilleure productivité qu'une monoculture de céréales par exemple (BADO, 2002).

#### *I.1.5.2. Facteurs influençant la fixation symbiotique*

P1usiueurs facteurs ont une incidence sur la nodulation et l'activité des rhizobiums (TAPSOBA, 1991). Les facteurs abiotiques incluent l'acidité du sol, la température, la teneur en eau, en matière organique et en azote et les autres nutriments du sol. Les facteurs biotiques incluent les déterminants génétiques des deux partenaires symbiotiques (KARABONEYE, 2013). Le stress hydrique est le premier stress environnemental causant une réduction drastique de la fixation d'azote (KRASOVA ép. WADE, 2003). Aussi, des températures élevées retardent la nodulation et la situent en profondeur, tout en réduisant ou en inhibant

l'activité de la nitrogénase (ZAHRAN, 1999). La formation des nodosités est également réduite dans les sols acides, riches en aluminium, dans lesquels mêmes les souches tolérantes sont incapables d'infester les racines (MULONGOY, 1985 cité par TAPSOBA, 1991). Les éléments nutritifs apportés par les fumures influencent également les capacités des légumineuses à fixer l'azote de l'atmosphère (BADO, 2002 ; ADIBI *et al*., 2008). De manière générale, les fortes teneurs en azote du sol réduisent la nodulation et la fixation d'azote (ZAHRAN, 1999). Par contre, le phosphore améliore en particulier la fixation symbiotique de l'azote, de même que la dolomie et le fumier (BADO, 2002).

### I.1.6. Facteurs influençant le rendement du niébé

L'accroissement de la production de niébé notamment par l'amélioration des rendements se heurte à plusieurs contraintes qui limitent ou même anéantissent les récoltes. La faiblesse des rendements est due au système de culture traditionnelle dominée par une agriculture de subsistance et aux contraintes abiotiques (insuffisance et mauvaise répartition des pluies, pauvreté des sols) et biotiques (insectes, mauvaises herbes, maladies fongiques bactériennes et virales) (NEYA, 2011). A cause de son adaptation aux zones tropicales, le niébé subit les attaques de différents insectes ravageurs (NEYA, 2011 ; ABDOUL ABOU, 2013). L'absence de variétés améliorées réellement adaptées aux conditions locales de culture et la présence dans le milieu de nombreux parasites très actifs durant les différents stades de développement de la plante sont à la base des faibles rendements (BAOUA *et al*., 2015). Les semences de mauvaise qualité ont un mauvais taux de germination, ce qui a une influence négative sur le rendement. Aussi, un semis précoce empêche la floraison, mais favorise une croissance végétative abondante et, par conséquent, le risque d'une baisse de rendement. Une mauvaise maîtrise des adventices ou un sarclage retardé entraîne une baisse considérable de rendement (DUGJE *et al.*, 2009 ; ISHIKAWA *et al*., 2013). Les paramètres comme la nodulation, la nouaison, l'avortement des gousses ainsi que les parasites ont une influence directe sur la croissance végétative et sur la phase reproductive. Ces mêmes paramètres agissent de façon indirecte sur le rendement (N'GBESSO *et al*., 2013a). Sur les sols pauvres, la production de niébé est menacée par *Striga gesnerioides* (Willd.) Vatke. C'est une plante parasite pouvant causer des pertes de rendement considérables (CESAO-PRN, 2009). Une invasion massive des méloïdes (*Mylabris* spp.) peut occasionner une perte totale de rendement. Les pertes de rendement causées par *Anoplocnemis curvipes* sont de l'ordre de 30 à 70 % (DUGJE *et al.*, 2009). Les dégâts des larves de *Maruca vitrata* sur les fleurs et les gousses augmentent avec

le taux d'infestation qui cause une diminution du rendement (ISHIKAWA *et al*., 2013). Comme toutes les cultures, les légumineuses ont également des besoins en éléments nutritifs qui, selon leur disponibilité influencent leurs rendements (BADO, 2002 ; ISHIKAWA *et al*., 2013). Les amendements minéraux et organiques comme la dolomie et le fumier apportent des éléments nutritifs et neutralisent l'acidité du sol, expliquant leurs effets parfois significatifs sur les rendements fanes des légumineuses (BADO, 2002 ; DUGJE *et al*., 2009). A cause de l'incapacité de la légumineuse à fixer l'azote au début de son cycle, un minimum d'engrais azoté est nécessaire dans les sols pauvres pour améliorer les rendements (BADO, 2002). Cependant, il faut noter qu'un excès d'engrais azoté entraînera une croissance végétative abondante mais une faible production de graines (DUGJE *et al.*, 2009 ; ISHIKAWA *et al*., 2013).

## I.2. Généralités sur la fertilisation du sol

### I.2.1. Notion de fertilité du sol et de fertilisation

La fertilité d'un sol est son aptitude, naturelle ou acquise, à fournir des récoltes plus ou moins abondantes et régulières d'une ou de plusieurs espèces végétales déterminées, les conditions extrinsèques au sol étant supposées favorables (VALLERIE, 1969). Selon BEAUDET *et al.* (2004), la fertilité d'un sol est la résultante des propriétés physiques, chimiques et biologiques de ce sol. RIMAN (2013) emprunte à H.P. Rusch la notion de « fécondité du sol », son aptitude à produire toute la chaîne alimentaire, allant des micro-organismes à l'homme, en passant par la plante et l'animal et ceci pendant des générations. L'exportation sans remplacement d'éléments nutritifs contribue à la dégradation des sols (IIFA, 2014). La fertilisation s'avère donc incontournable pour le maintien du niveau de productivité des sols.

CASTILLON *et al*. (1995) ont défini la fertilisation comme étant un ensemble de techniques agricoles mettant en œuvre des matières fertilisantes. C'est une pratique nécessaire pour maintenir ou améliorer la fertilité des sols et apporter les éléments nutritifs nécessaires à la culture (BUSSON *et al*., 2012). Selon IIFA (2014), la fertilisation des sols appauvris en éléments nutritifs, associée aux meilleures pratiques culturales et à des conditions de croissances végétales favorables, permet d'augmenter la productivité végétale. Les matières utilisées peuvent être organiques ou minérales (BUSSON *et al*., 2012).

### I.2.2. Techniques de gestion de la fertilité des sols

De nombreuses études ont montré l'importance de l'amélioration de la fertilité des sols pour accroître la production agricole (FAO, 2003 ; KIBA, 2012 ; ZEINABOU *et al*., 2014 ; BRAR *et al*., 2015). L'amendement organique constitue un moyen incontournable pour une gestion durable de la fertilité des sols (BACYE *et al.*, 1998). L'apport d'éléments minéraux sous une forme directement utilisable, permet de compenser les pertes diverses. Mais une gestion intégrée des fumures minérales et organiques, associée au potentiel de fixation de l'azote atmosphérique, serait opportun pour une meilleure fertilisation des sols et l'obtention de meilleurs rendements des cultures.

#### *I.2.2.1. Fertilisation organique*

Les fumures organiques présentent des effets très bénéfiques sur les propriétés physico-chimiques et biologiques du sol. L'utilisation de fumier et de compost contribue à maintenir le niveau de matière organique dans le sol. Une fois répandu sur un champ, le compost fournit des substances nutritives et augmente le niveau de matière organique du sol (SCHÖL, 1998). L'apport du fumier joue un rôle très important sur le recyclage des éléments nutritifs, la fertilité du sol et l'amélioration de la production agricole (ZEINABOU *et al*., 2014). En plus des éléments fertilisants majeurs, les engrais organiques sont riches en de nombreuses substances connues pour avoir un impact favorable sur la vie biologique des sols (CAS, 2013). Malheureusement, le processus de libération des éléments nutritifs par les engrais organiques étant lent, l'utilisation de la fumure minérale s'avère indispensable pour compenser les besoins de la plante à des moments précis de sa croissance (HOUOT *et al*., 2002 ; CHAILANDES, 2011 ; ABGA, 2013).

#### *I.2.2.2. Fertilisation minérale*

Un engrais minéral désigne tout matériau d'origine naturelle ou synthétique (autre que le matériau de chaulage) qui est ajouté à un sol pour fournir un ou plusieurs éléments nutritifs essentiels à la croissance des plantes (ABGA, 2013). La culture continue sans application d'engrais entraine une baisse des rendements due à l'épuisement des sols en éléments fertilisants (SEGDA *et al*., 2001). L'utilisation d'un engrais chimique peut donc s'avérer nécessaire pour fournir rapidement aux plantes les substances nutritives dont elles ont besoin (SCHÖL, 1998). Ainsi, l'azote (N), le phosphore (P) et le potassium (K) peuvent être fournis par l'engrais sans oublier d'autres éléments indispensables tels que le calcium (Ca), le

magnésium (Mg), le soufre (S), le bore (B), etc. Toutefois, pour constater l'effet bénéfique des fumures, une certaine quantité de matière organique est requise (BADO, 2002).

#### *1.2.2.3. Limites d'une technique de gestion unilatérale de la fertilité des sols*

Les engrais chimiques agissent immédiatement sur les plantes alors que les engrais organiques doivent d'abord se décomposer en substances nutritives avant de pouvoir être utilisés. Cela signifie que la matière organique n'a qu'un effet à long terme, tandis que les engrais chimiques agissent immédiatement (en quelques jours ou quelques semaines) sur la fertilité du sol. Toutefois, les engrais chimiques sont épuisés à la fin de la saison ou après quelques saisons, tandis que la matière organique continue à améliorer la fertilité et la structure du sol. Si la matière organique du sol diminue, le rendement va diminuer également, même si on a utilisé une grande quantité d'engrais. Cela vient de la dégradation de la structure du sol, d'une capacité moindre à retenir l'eau et les substances nutritives et d'une augmentation de l'acidité (SCHÖL, 1998 ; BADO, 2002). Selon FAO (2006), l'emploi irrationnel des engrais minéraux peut à la longue avoir des effets indésirables sur le milieu naturel, en plus de ses inconvénients agronomiques. De nos jours, il n'est plus utile de tester l'efficacité agronomique des engrais minéraux utilisés seuls car de nombreuses études ont montré leur effet positif à court terme, mais également leur effet négatif à long terme sur la dégradation chimique des sols (baisse du pH et augmentation d'aluminium échangeable notamment) entraînant de ce fait une baisse de rendement (BADO, 2002 ; ZEINABOU *et al*., 2014).

Les cultures exigent des conditions de sol favorisant la croissance et une grande variété d'éléments nutritifs. Les formes minérales ou organiques ne peuvent remplir ces deux besoins l'une sans l'autre. Pour ces raisons, une gestion de la fertilité des sols qui permet de combiner les deux apports le plus efficacement, est préconisée (IIFA, 2014).

#### *I.2.2.4. Fertilisation organo-minérale*

Compte tenu des effets limités des fumures organiques et minérales prises séparément, il est mieux indiqué de procéder à leur combinaison en vue d'accroître durablement la production agricole (ZEINABOU *et al*., 2014). Les engrais organo-minéraux sont des engrais organiques mélangés à des engrais minéraux pour augmenter leur valeur fertilisante (ITT, 2009). La fumure organo-minérale est nécessaire dans le maintien et l'accroissement de la fertilité des sols et des rendements (KABORE, 2013 ; OUEDRAOGO et HIEN, 2015). L'apport direct de

substances nutritives en répandant un engrais chimique sur le sol, n'est pas suffisant pour conserver un niveau de fertilité du sol satisfaisant (SCHÖL, 1998). Tandis que les apports minéraux fournissent une grande quantité d'éléments nutritifs immédiatement disponibles pour la plante, la forme organique contient du carbone organique et, habituellement, une quantité plus faible d'éléments nutritifs moins aisément disponibles (IIFA, 2014). De plus, la présence de matière organique garantit une utilisation plus efficace de l'engrais chimique par les cultures, en l'empêchant d'être lessivé (SCHÖL, 1998). L'association de fumure organique et d'engrais minéraux génère alors des synergies : les apports minéraux favorisent les cultures ce qui produit ainsi plus de biomasse, dont une partie est recyclée au sein de la parcelle via les résidus de récolte, le fumier, ou le compost ; l'apport de ces ressources organiques peut à son tour, améliorer l'efficacité des engrais minéraux (IIFA, 2014). En neutralisant la faible acidité des sols et en apportant des éléments nutritifs aux plantes, le fumier améliore la nutrition minérale entraînant une augmentation des rendements des cultures (PALLO *et al*., 2006 ; ARROUAYS *et al*., 2012 ; KONATE *et al*., 2012 ; MIRANDA *et al*., 2014).

### I.2.3. Rôle du pH et de quelques éléments fertilisants

Le pH influence l'assimilabilité des principaux fertilisants et des oligo-éléments (VECCHIA *et al*., 2001). Ces éléments fertilisants tels que le carbone (C), l'azote (N), le phosphore (P) et le potassium (K), ont des effets bénéfiques sur le sol et les cultures. Mais, leur apport de façon déséquilibrée, mène à la détérioration de la santé des sols (IIFA, 2014).

#### *I.2.3.1. pH*

Le pH rend compte de l'acidité du sol qui se compose de l'acidité actuelle et de l'acidité potentielle (PASQUIER, 2000). Il intervient dans la stabilité des complexes formés (SCHVARTZ *et al*., 2005). C'est un bon indicateur de l'ambiance physico-chimique d'un sol. Exprimé selon une échelle de 0 à 14, les valeurs inférieures à 7 indiquent un milieu acide, celles supérieures à 7 correspondent à un caractère basique, 7 étant considérée comme neutre. Pour les plantes, un seuil majeur est à considérer : la valeur 5,5 en dessous de laquelle la présence d'aluminium échangeable entraîne des risques de toxicité aluminique pour de nombreuses cultures, l'optimum étant fixé entre 6,5 et 7,5 en milieux non calcaires (VECCHIA *et al*., 2001). Le pH du sol joue un rôle important dans l'absorption du

magnésium par le végétal. D'une manière générale, la teneur en $Mg^{2+}$ augmente lorsque le pH-eau s'élève, jusqu'à la neutralité (SCHVARTZ *et al*., 2005).

Le pH du sol varie en fonction de la nature du sol, de la saison et de l'intensité culturale (le sol a tendance à se décalcifier et à s'acidifier avec le temps). En effet, l'acidité des sols a une très grande influence sur la concentration des éléments nutritifs et toxiques de la solution du sol (SIKUZANI *et al*., 2014). Une forte acidité ou un pH très faible entraîne des problèmes de solubilité ou d'insolubilisation des phosphates (PASQUIER, 2000). Cela peut entrainer également la libération ou la solubilisation de certains métaux qui, comme l'aluminium ou le manganèse, sont toxiques à partir d'une certaine dose pour les végétaux (VALLERIE, 1969). Dans les sols calcaires à pH élevé, des phosphates de faible solubilité se forment et la biodisponibilité des oligo-éléments (sauf pour le molybdène) est diminuée (PASQUIER, 2000).

#### *I.2.3.2. Azote (N)*

L'azote constitue, avec le carbone, l'aliment de base de la plante (VECCHIA *et al*., 2001). Il est nécessaire à l'élaboration des composés organiques végétaux : acides aminés, acides nucléiques, protéines, chlorophylle. C'est le facteur déterminant des rendements par son influence favorable sur la croissance de l'appareil végétatif (VECCHIA *et al*., 2001). L'azote est aussi la carence principale dans la plupart des sols (MOREAU, 1986). La fertilisation azotée sur une longue période accroît la biomasse microbienne et le carbone organique des sols en renforçant la productivité des cultures. La surconsommation d'engrais azotés peut entrainer une acidification du sol qui détériorera la disponibilité des éléments nutritifs et constitue un signe de mauvaise santé des sols. Un usage excessif d'azote peut également entraîner une déposition de l'azote dans d'autres milieux où cela n'est pas souhaitable ; des apports d'azote répétés de façon chronique entrainent une augmentation de la minéralisation d'azote du sol (IIFA, 2014).

L'azote est sous trois formes dans le sol : élémentaire, minérale et organique (96 à 98 % de l'azote total). L'azote organique comprend : l'azote organique des résidus de culture, l'azote organique de la biomasse microbienne (5 à 6 % de l'azote total) et l'azote des substances humiques. L'azote minéral, présent dans la solution du sol, est la seule forme intéressante pour la nutrition minérale des plantes ; il comprend : des ions ammonium $NH_4^+$, des ions nitrates $NO_3^-$ et des ions $NO_2^-$ (très rares). La minéralisation de l'azote est le passage de l'azote de la forme organique à celle minérale. Ce processus est effectué par les micro-organismes du sol et est influencée par la nature des substances, les conditions physico-

chimiques et pédoclimatiques des sols, la constitution du sol et la présence d'azote minéral (PASQUIER, 2000).

#### *I.2.3.3. Phosphore (P)*

Le niébé, comme la plupart des légumineuses, a besoin de plus de phosphore que d'azote (DUGJE *et al.*, 2009). C'est un élément critique dans sa production. C'est aussi un facteur de croissance car il favorise le développement des racines et est aussi un facteur de précocité pour la fécondation et la mise à fruit (VECCHIA *et al*., 2001). Sa faible disponibilité dans le sol est une contrainte majeure pour la croissance et la fixation symbiotique d'azote chez les légumineuses car les nodules ont des besoins élevés en phosphore et leur croissance est souvent limitée par cet élément (JEMO *et al*., 2006). Il faut donc que les plantes puissent en disposer au début de la période de croissance (SCHÖL, 1998).

Le phosphore est présent dans le sol sous plusieurs formes :

- le phosphore insoluble combiné dans des composés minéraux ;
- le phosphore peu soluble fixé ou rétrogradé entre les feuillets d'argile ;
- le phosphore combiné à la fraction organique : la minéralisation de la matière organique libère du phosphore ;
- le phosphore adsorbé : il est retenu soit par les charges positives des colloïdes minéraux et organiques, soit par les colloïdes électropositifs comme les hydroxydes de fer ou d'aluminium ; le processus d'adsorption est réversible ;
- les ions phosphates libres dans la solution du sol : leur présence dépend du pH. Principalement sous forme $HPO_4^{2-}$ et $H_2PO^{4-}$, ils sont présents en très faible quantité (moins de 1 kg/ha) (PASQUIER, 2000).

#### *I.2.3.3. Potassium (K)*

Les carences potassiques se manifestent surtout dans les sols sableux ; mais elles apparaissent après quelques années de culture dans la plupart des sols. Outre les exportations par les récoltes, cet élément subit également des pertes importantes par lixiviation (MOREAU, 1986). Le potassium est absorbé en grande quantité par les plantes. Il intervient comme régulateur des fonctions de la plante et fournit une plus grande rigidité aux tissus végétaux (VECCHIA *et al*., 2001).

Il est présent dans le sol sous plusieurs formes :

- le potassium solidement fixé dans les minéraux primaires : cette forme ne participe pas à l'alimentation de la plante ;
- le potassium associé à l'argile : la quantité fixée ou rétrogradée entre les feuillets d'argile est difficilement échangeable ;
- le potassium adsorbé sur le complexe argilo-humique est facilement échangeable ;
- le potassium présent dans la solution du sol sous forme d'ions K+.

Le potassium échangeable et le potassium en solution sont les deux formes qui servent à alimenter les plantes (PASQUIER, 2000).

### I.2.4. Rôle de la matière organique dans la fertilité des sols

La matière organique joue un rôle fondamental dans la productivité des sols en zone soudano-sahélienne (BACYE *et al.*, 1998). Elle est caractérisée par ses teneurs en carbone organique et azote totaux (BACYE, 1993). Elle a de nombreuses propriétés qui permettent d'augmenter la fertilité du sol et d'améliorer sa structure (SCHÖL, 1998). D'une part, elle améliore les caractéristiques physiques et chimiques d'un sol et d'autre part fournit, suite à la minéralisation, l'azote nécessaire aux plantes. La matière organique tout en améliorant les propriétés physico-chimiques et biologiques du sol, augmente l'efficience des engrais minéraux qui assurent une meilleure alimentation minérale des plantes (BADO, 2002). En s'humifiant, la matière organique donne des complexes colloïdaux humiques qui s'associent avec la matière minérale (particulièrement l'argile) pour constituer le complexe argilo-humique (ou complexe absorbant) ayant la propriété de retenir les cations provenant de la solution du sol (VECCHIA *et al*., 2001). La matière organique retient beaucoup de substances nutritives, ce qui est particulièrement important dans les sols sableux qui en retiennent très peu. Elle retient aussi beaucoup d'eau, si bien que pendant les périodes sèches, les plantes ont plus d'eau à leur disposition et pendant plus longtemps. Enfin, elle stimule la croissance des organismes du sol qui favorisent l'assimilation des substances nutritives de la matière organique par les plantes (SCHÖL, 1998).

La présence de matière organique dans le sol est donc essentielle pour maintenir sa fertilité. Cela signifie que pour maintenir la fertilité du sol, il faut commencer par préserver la matière organique qu'il contient. On peut y parvenir par des pratiques agricoles appropriées et en utilisant du fumier ou du compost. Selon SOMDA (2015), l'amélioration des caractéristiques chimiques du sol passent par l'amélioration de son état physique et nutritionnel à travers les apports conjoints de matière organique et d'engrais minéraux. En effet, la matière organique

est favorable à la croissance des micro-organismes qui induisent une activation de la solubilisation des éléments nutritifs (KIMUNI *et al*., 2014).

### I.2.5. Effet de la fertilisation sur les rendements des légumineuses

Le sol agricole est la partie de la couche superficielle de l'écorce terrestre qui, grâce à sa structure meuble et sa composition physico-chimique, est en mesure d'assurer un développement normal des végétaux cultivés (BEAUDET *et al*., 2004). Une sous-utilisation d'engrais, comme c'est souvent le cas dans de nombreux pays en développement implique le non-remplacement des éléments nutritifs du sol exportés par les récoltes, ce qui conduit à une dégradation du sol et à une baisse des rendements (IIFA, 2014). Les travaux de SEGDA *et al*. (2001) ont montré que l'utilisation du compost entraine un accroissement de la production avec le temps.

Les apports d'azote sous forme de fertilisants sont souvent nécessaires pour permettre un rendement adéquat des légumineuses (TRAORE, 2012). Les rendements sont en relation linéaire avec l'azote total pour des valeurs inférieures à 1‰ dans la plupart des cas (MOREAU, 1986). Une déficience modérée en azote réduit la croissance ; une déficience plus importante entraîne le jaunissement des feuilles les plus âgées, suivi d'une sénescence et d'une baisse de rendement (PASQUIER, 2000). A cause de l'incapacité de la légumineuse à fixer l'azote au début de son cycle, un minimum d'engrais azoté est nécessaire dans les sols pauvres pour améliorer les rendements (BADO, 2002). Cependant, un excès d'engrais azoté entraînera une croissance végétative abondante mais une faible production de graines (DUGJE *et al.*, 2009). Les fortes teneurs d'azote du sol réduisent la nodulation et la fixation d'azote (ZAHRAN, 1999). Dans les sols pauvres en phosphore, une application de 40 kg $P_2O_5$/ha, augmente les rendements graines du niébé (PANDEY et NGARM, 1985 cités par TAPSOBA, 1991).

Le pH influence l'activité biologique et conditionne aussi dans une large mesure, la disponibilité de l'azote minéral à partir des réserves organiques minéralisables. L'incidence du pH sur les rendements peut s'expliquer par :

- son influence sur l'activité biologique ;
- le blocage des formes assimilables du phosphore aux bas pH ;
- la toxicité en manganèse et en aluminium aux bas pH (MOREAU, 1986).

# II. MATERIEL ET METHODES

## II.1. Généralités sur la zone d'étude

La présente étude s'est réalisée dans le village de *Finlandé*, appartenant à la commune rurale de Péni. L'étude s'insère dans le cadre de l'évaluation du projet dénommé : «*formation des jeunes déscolarisés et non scolarisés sur la production de semence du sésame et du niébé dans les communes rurales de Péni* ». Le choix de cette zone repose sur le fait qu'elle a été la zone d'intervention dudit projet ayant permis la formation d'exploitants agricoles d'âges compris entre 18 et 24 ans.

### II.1.1. Situation géographique

La commune rurale de Péni (10° 57' 00'' Nord, 4° 28 '60 '' Ouest) est située à 35 kilomètres de Bobo-Dioulasso, chef-lieu de la région des Hauts-Bassins et de la province du Houet. D'une superficie d'environ 1 200 km², elle est limitée au Nord par la commune de Bobo-Dioulasso, au Sud par la commune de *Tiéfora* et de *Sidéradougou* dans la province de la Comoé, à l'Est par la commune de *Karangasso-Vigué* et à l'Ouest par la commune de *Toussiana* (Figure 1). Sur le plan administratif, Péni relève de la province du Houet et compte 24 villages administratifs. Le chef-lieu de la commune est traversé par la route nationale n°7 (RN7) allant de Bobo-Dioulasso à Banfora. La commune est en outre desservie par la ligne de chemin de fer Ouagadougou-Abidjan, mais on n'y enregistre pas d'escale.

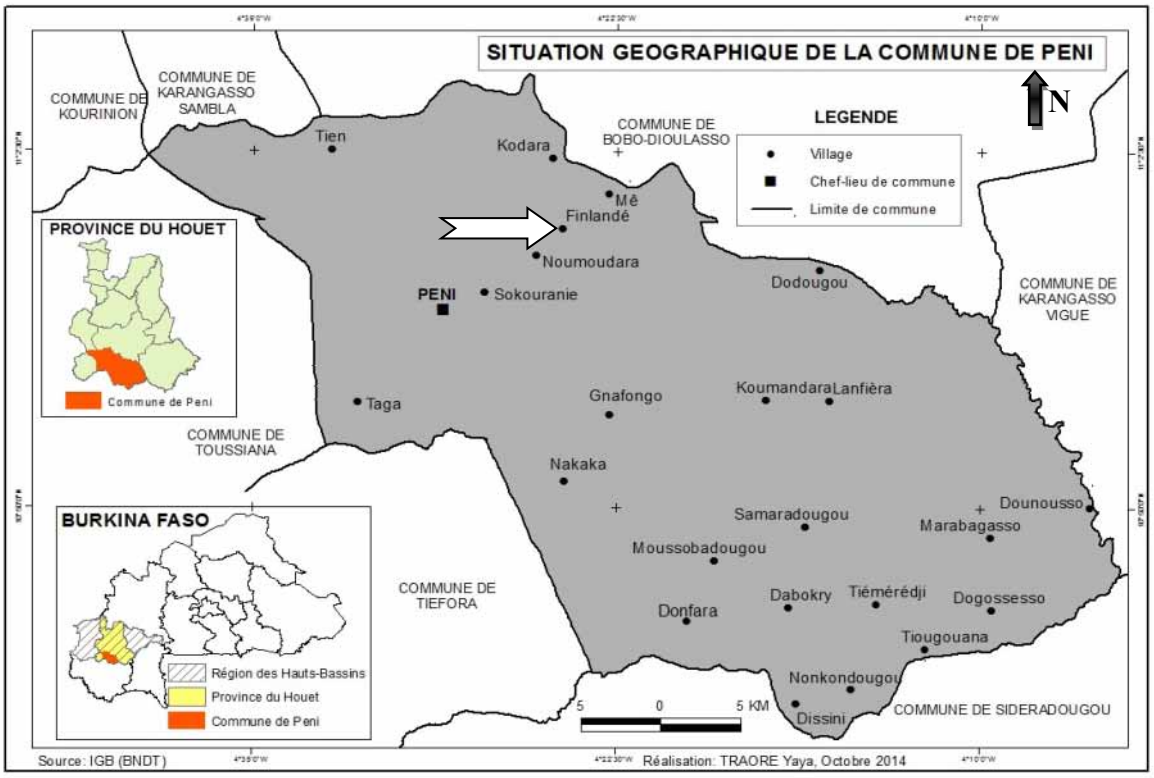


**Figure 1 : Situation géographique de la commune de Péni**
**<u>NB</u> : La flèche de couleur blanche indique le village de l'étude**

### II.1.2. Climat et végétation

La commune de Péni est sous un climat de type tropical sud soudanien avec deux saisons : une saison pluvieuse qui va de mai à septembre et une saison sèche, d'octobre à avril.

La station de l'INERA / Farako-bâ est située à environ 10 kilomètres de la zone d'étude. La figure 2 présente l'évolution annuelle des hauteurs d'eau cumulées de 2006 à 2015. En moyenne, une quantité de 1 079,23 mm d'eau a été enregistré au cours de ces 10 dernières années. La plus forte pluviosité a été observée en 2010 où une quantité de 1 275,9 reparties en 79 jours de pluie.

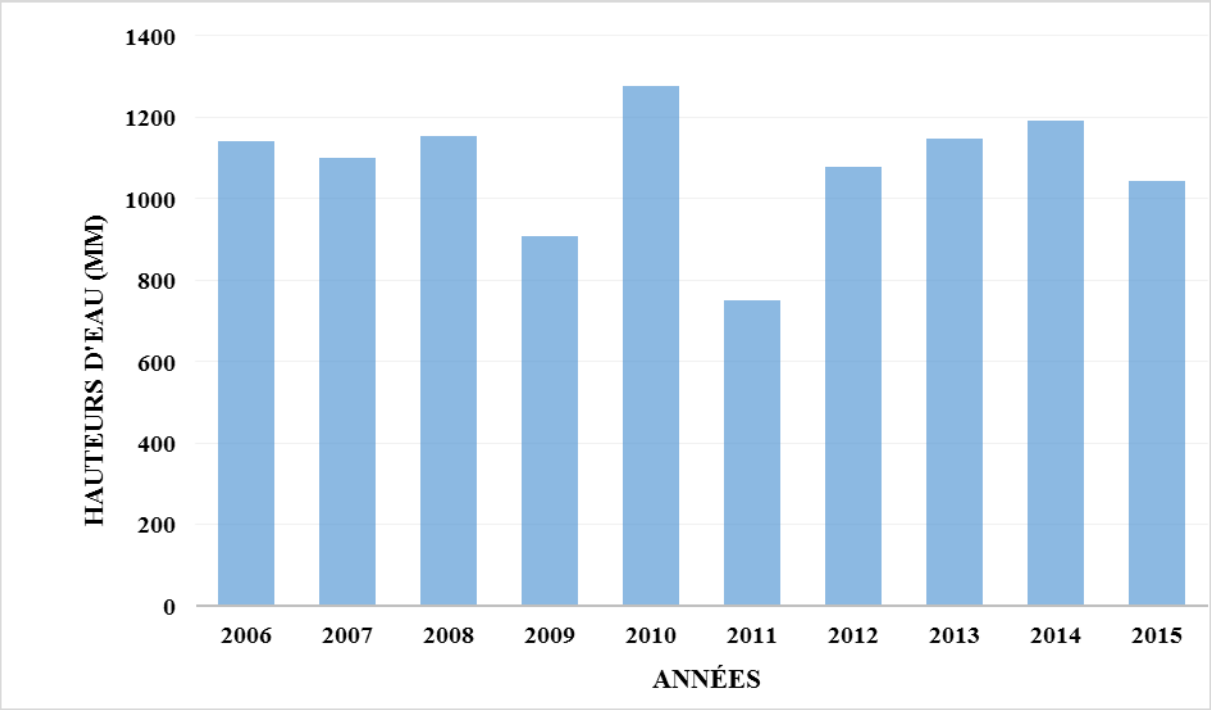


**Figure 2 : Evolution annuelle des hauteurs d'eau cumulées à Farako-bâ de 2006 à 2015**

**Source : INERA-Farako-bâ, 2015**

La figure 3 présente l'évolution mensuelle des hauteurs d'eau cumulées en 2015. La quantité totale de pluie tombée en cette année est de 1050,9 mm repartie en 64 jours et en six (06) mois. La hauteur maximale d'eau cumulée (284,3 mm) a été enregistrée en septembre.

**Figure 3 : Evolution mensuelle des hauteurs d'eau cumulées en 2015 dans la station de Farako-bâ**

**Source : INERA-Farako-bâ, 2015**

Le couvert végétal de la commune de Péni est caractérisé par un couvert floristique ligneux et herbacé assez dense et varié. Les espèces ligneuses dominantes sont : *Vitellaria paradoxa*, *Mangifera indica*, *Parkia biglobosa*, *Annona squamosa*, *Bombax costatum* et *Detarium microcarpum*. Quant aux herbacées, elles sont composées essentiellement de *Andropogon gayanus*, de *Andropogon ascinodis* et de *Pennisetum pedicellatum*. Les formations végétales rencontrées sont les savanes boisées et arborées plus ou moins denses, les forêts galeries, les forêts villageoises et les bosquets villageois, les espaces naturels reconstitués tels que les jachères.

### II.1.3. Relief et sols

La commune est sa sitée dans une plaine légèrement incurvée vers l'Est et traversée par une falaise d'une trentaine de kilomètres orientée du Nord-Est au Sud-Ouest. La topo-séquence de la commune met en exergue deux unités géomorphologiques à savoir une sous-zone de plateau et une sous-zone de plaine ou de « vallée » appelée « bas de falaises ».

La commune repose sur un socle composite (roches gréseuses, granitiques et gneissiques). On y rencontre des sols gravillonnaires, des sols à texture argileuse, des sols à texture sableuse, des sols à texture sablo-limoneuse, des sols à texture sablo-argileuse et des sols à texture limono-argileuse ainsi que des lithosols.

### II.1.4. Caractéristiques de la population

Les données de l'Institut National des Statistiques et de la démographie (INSD) font ressortir une population de la commune rurale de Péni estimée à 34 057 habitants en 2006 avec 17 054 (50,07 %) femmes contre 17 003 hommes. Quant au village de *Finlandé*, sa population est estimée à 581 habitants avec 279 (48,02 %) femmes et 302 hommes (INSD, 2006).

La langue officielle de la commune demeure le français malgré le fort taux d'analphabètes dans cette langue. La langue que nous qualifierons de fonctionnelle est le dioula qui est compris et couramment parlé par l'ensemble de la population.

### II.1.5. Activités socioéconomiques

L'économie de la commune de Péni est dominée par l'agriculture et l'élevage.

#### *II.1.5.1. Agriculture*

Elle est caractérisée par la pratique de l'agriculture itinérante sur brûlis, son système de production extensif, ses forts rendements, une fertilité des sols relativement bonne et une assez bonne répartition de la pluviométrie.

Le système d'exploitation est de type individuel où chaque individu voire chaque famille exploite de façon extensive des terres familiales. La production agricole dans la commune de Péni est caractérisée par l'utilisation des outils rudimentaires. La pratique agricole est caractérisée par la charrue bovine, les buteurs, les semoirs et la daba. On note cependant l'utilisation de quelques outils modernes comme les tracteurs, les appareils de pulvérisation dans la production des cultures de rente comme le coton, le sésame, l'arachide, etc. Les principales spéculations céréalières de la commune sont le sorgho, le maïs, le mil et le riz. Les principales cultures de rente sont le coton, l'arachide, le fonio et le sésame.

En raison des conditions agro-climatiques relativement favorables pour la commune, les cultures exploitées donnent des rendements assez bons de nos jours mais, ces rendements peuvent être compromis à termes par les mauvaises pratiques culturales.

#### *II.1.5.2. Elevage*

L'élevage constitue la seconde activité du monde rural et se pratique souvent en corrélation avec l'agriculture. Il est pratiqué par les éleveurs et les agriculteurs qui se sont lancés dans les activités d'élevage à cause de la variabilité de la production vivrière. Bien que l'élevage soit

dominé par celui des bovins, ovins, caprins et de la volaille (poules et pintades), on rencontre dans une moindre mesure l'élevage des porcins et des asins. Le système d'élevage prédominant dans la commune de Péni est le système extensif.

#### *II.1.5.3. Commerce*

Au niveau de l'activité commerciale, on distingue les activités d'échange local et celles faisant objet de transaction avec le reste de la région. La commune de Péni possède trois principaux marchés : celui du chef-lieu de la commune de Péni, du village de *Moussobadougou* et celui de *Gnafongo*. Les principaux produits de vente sont les produits céréaliers, les oléagineux, les produits de transformation locale d'origine agricole (soumbala, beurre de karité, chenille, bissap), les produits artisanaux, les articles et produits manufacturés de consommation courante, exposés dans les boutiques ou aux étalages. Les animaux sont vendus également dans ces marchés. Il existe dans presque chaque village des places d'échange et de commercialisation de produits.

#### *II.1.5.4. Autres activités*

- *Artisanat*

L'artisanat dans la commune se résume à la pratique des métiers de poterie en terre, de forgeron traditionnel et de tissage. Peu développé, il reste toujours au stade traditionnel.

- *Chasse*

Quant à la chasse, il faut noter que la faune a subi une forte pression de chasse traditionnelle essentiellement tournée vers l'approvisionnement en viande des familles. Le gros gibier se fait rare.

- *Pêche*

Dans la commune de Péni, il existe de nombreux cours d'eau, mais ils sont pour la plupart temporaires car tarissent rapidement en saison sèche. Ces cours d'eau non pérennes offrent un certain potentiel en matière de pêche. Cependant l'activité de pêche reste une activité de consommation locale. Les principales espèces rencontrées sont les carpes, les silures et les poissons chat.

- *Mines*

Le sous-sol de Péni est riche en minerais dans sa partie Sud. Il s'agit des sites d'or de *Moussobadougou*. Cependant, son exploitation est artisanale et est faite par des orpailleurs qui écoulent l'or à travers deux (02) sociétés que sont SOMIKA et SAV'OR.

## II.2. Matériel d'étude

### II.2.1. Matériel végétal

Le matériel végétal était le niébé, la variété KVx 775-33-2G (*Tiligré*). C'est une variété résistante au *Striga* et tolérante à la sécheresse. Avec un cycle semis-maturité qui dure 65 jours, cette variété a un potentiel de rendement de 1500 kg/ha en station et 800 kg/ha en milieu paysan (Annexe 1).

### II.2.2. Fertilisants utilisés

Les engrais minéraux utilisés étaient le NPK (15-15-15) et l'urée (46 % N). Ils ont été distribués aux producteurs dans le cadre de l'étude et proviennent du marché de Bobo-Dioulasso.

Le compost constituait la fumure organique. Il a été produit par les producteurs dans le cadre du projet. Les matières utilisées pour sa production sont notamment les résidus de récolte (tiges de maïs et de sorgho), la bouse de vache et la cendre.

## II.3. Méthodes d'étude

### II.3.1. Choix des producteurs

L'étude a été réalisée à *Finlandé*, dans la commune rurale de Péni. Les 23 producteurs choisis, âgés de 18 à 24 ans et qui ont constitué l'échantillon de notre étude, sont les bénéficiaires du projet dénommé : « *formation des jeunes déscolarisés et non scolarisés sur la production de semence du sésame et du niébé dans les communes rurales de Péni* ». Pour la conduite de cette étude, chaque producteur a aménagé une parcelle de 2 500 $m^2$.

### II.3.2. Dispositif expérimental

Notre dispositif expérimental est un ensemble de blocs dispersés où chaque producteur constitue un bloc ou une répétition, correspondant à une technique de production de niébé en culture pure sur une parcelle d'une superficie de 2 500 $m^2$ divisée en deux (02) parcelles

élémentaires représentant deux (02) traitements distincts : le traitement T1 ayant reçu la fumure minérale seule (NPK + urée) sur une superficie de 2 457,5 $m^2$ ; et le traitement T2 ayant reçu la fumure organo-minérale (NPK + urée + compost) sur une superficie de 42,5 $m^2$ (10 m x 4,25 m). Le schéma du dispositif expérimental adopté et la localisation des parcelles de l'étude sont présentés respectivement par les figures 4 et 5 (Annexe 2).

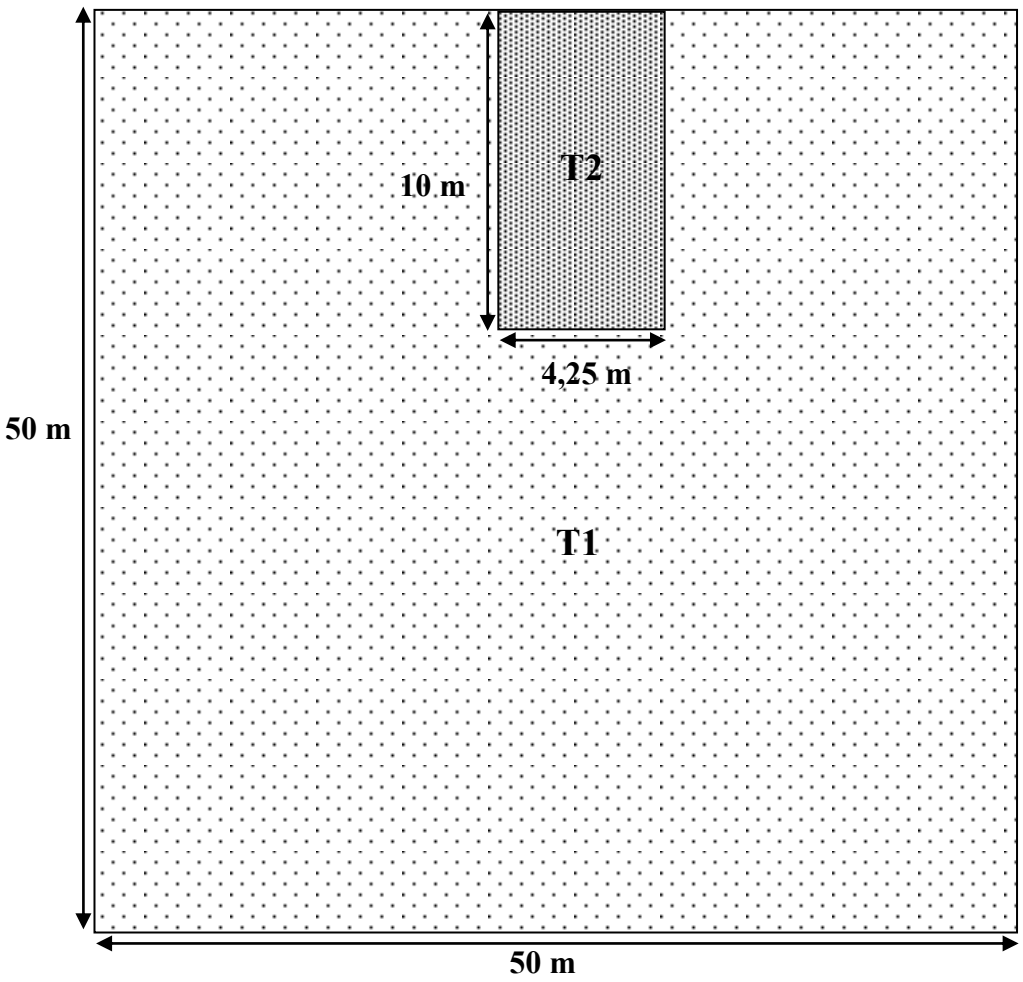


**Figure 4 : Schéma du dispositif expérimental**

**Légende** : *T1 : NPK + urée ; T2 : NPK + urée + compost*

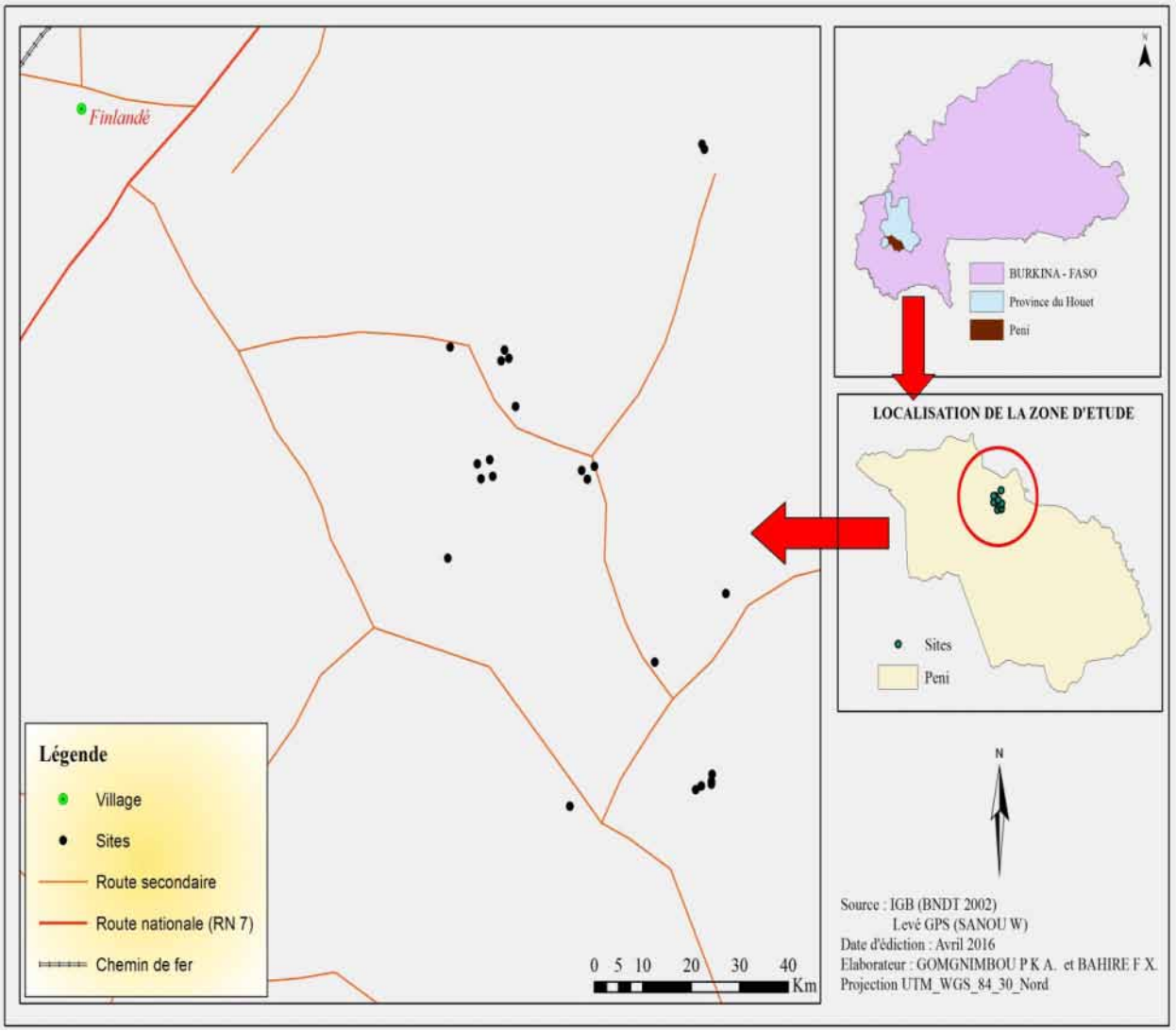


**Figure 5 : Localisation des parcelles de l'étude**

### II.3.3. Conduite des essais

#### *II.3.3.1. Opérations culturales*

Une fiche de suivi attribuée à chaque producteur (Annexe 3) permettait de noter les dates des opérations culturales. Deux (02) à trois (03) graines par poquet ont été semées suivant les écartements de 60 cm entre les lignes et 40 cm entre les poquets par tous les producteurs dans la période du 08 au 15 août 2015. Le compost a été apporté comme fumure de fond à la dose de 2 tonnes à l'hectare. Le NPK a été apporté sept (07) jours après semis (JAS) à la dose de 100 kg à l'hectare. Quant à l'urée, elle a été apportée au 15$^{ème}$ JAS à la dose de 20 kg à l'hectare. Un démariage à deux (02) plantes par poquet a été réalisé au 19$^{ème}$ JAS. Le premier sarclage a été effectué 21 JAS. Quant au premier traitement insecticide, il a été réalisé au 36$^{ème}$ JAS avec le produit « Décis ». Le 2$^{ème}$ sarclage a été effectué 41 JAS. Le 2$^{ème}$ traitement

insecticide a été réalisé 52 JAS avec le produit « Lamdacal ». La récolte a été effectuée au 86ème JAS.

#### *II.3.3.2. Paramètres mesurés*

Ils concernent en partie ceux effectués par N'GBESSO *et al*. (2013a) et N'GBESSO *et al*. (2013b), avec cependant quelques adaptations. Ce sont entre autres : le nombre de nodules et la teneur en azote et phosphore totaux des biomasses ; le nombre de gousses par plante ; le nombre de graines par gousse ; le poids de la biomasse aérienne ; le poids de 100 graines ; le rendement graines à l'hectare.

Pour l'évaluation de la capacité de nodulation et l'estimation de la teneur en azote et phosphore totaux des biomasses (aérienne et souterraine), neuf (09) producteurs ont été sélectionnés en tenant compte de leur répartition sur le site. Les autres paramètres ont été mesurés chez tous les 23 producteurs.

#### *II.3.3.3. Méthode de collecte des données*

Les données ont été collectées dans deux (02) carrés de rendements suivant une diagonale dans chaque parcelle élémentaire et à des périodes distinctes. Les superficies de ces carrés de rendement étaient de 4 $m^2$ pour la collecte des données sur le poids de la biomasse aérienne et de 1 $m^2$ pour les autres données collectées.

Au 60ème JAS et à la récolte (86ème JAS), deux (02) plantes ont été prélevées en creusant soigneusement autour de la rhizosphère, à l'aide d'une daba. Les racines soigneusement récupérées ont été lavées puis rincées à l'eau en vue de les débarrasser des particules de terre et rendre mieux visibles les nodules pour le comptage (N'GBESSO *et al*., 2013a ; 2013b). Ces racines munies d'une certaine quantité de biomasse aérienne, ont été soigneusement conservées pour la détermination des teneurs en azote et phosphore totaux. Au total, nous avions 72 échantillons de végétaux dont 36 pour la biomasse racinaire et 36 autres pour la biomasse aérienne.

Au 71ème JAS, nous avons procédé au comptage du nombre de gousses de deux (02) plantes.

Après la récolte, ces gousses ont été séchées au soleil pendant cinq (05) jours. Puis, elles ont été battues séparément pour l'obtention des graines en vue du comptage afin d'avoir le nombre de graines par gousse. Pour la détermination du poids de 100 graines (en gramme), les gousses de chaque carré de rendement ont été battues puis séchées au soleil pendant dix (10) jours. Le rendement à l'hectare (en kg) a été estimé à travers le poids total des graines de

chaque carré de rendement suivi d'une extrapolation des résultats obtenus. La biomasse aérienne (tiges et feuilles) a été immédiatement pesée pour déterminer le poids frais. Ensuite, elle a été séchée au soleil pendant dix (10) jours et mis à l'étuve (à 75°C durant 48 h) avant d'être pesée pour l'obtention du poids sec.

### II.3.4. Collecte des échantillons de sol

Les prélèvements de sol ont été effectués à l'aide d'une tarière en deux (02) périodes distinctes : avant le semis (chez 5 producteurs prenant en compte la dispersion de l'échantillon) et après la récolte (chez tous les 23 producteurs). Les prélèvements de sols ont été effectués suivant une diagonale. Avant les semis, ils ont concerné toute la parcelle de 2 500 $m^2$ ; après les récoltes ils ont été faits dans les parcelles élémentaires.

Chaque prélèvement de sol a été réalisé suivant une diagonale dans les parcelles élémentaires. Après avoir matérialisé la ligne de prélèvement avec des ficelles et nettoyé le point de prélèvement, l'opération a été effectuée en trois (03) points bien séparés, suivant les profondeurs 0-10 cm et 10-20 cm du sol. Les échantillons de sol collectés dans chaque profondeur de prélèvement et dans chaque traitement ont été mélangés pour constituer des échantillons composites. Dans chaque traitement nous avons obtenu alors un échantillon composite pour la profondeur 0-10 cm et un autre pour la profondeur 10-20 cm.

En fonction des traitements et des profondeurs de prélèvement, nous avons obtenu chez chaque producteur les échantillons composites suivants :

- Avant les semis :
  - T0_10 : sol collecté à la profondeur 0-10 cm ;
  - T0_20 : sol collecté à la profondeur 10-20 cm ;
- Après les récoltes :
  - T1_10 : provenant du traitement T1 à la profondeur 0-10 cm ;
  - T1_20 : provenant du traitement T1 à la profondeur 10-20 cm ;
  - T2_10 : provenant du traitement T2 à la profondeur 0-10 cm ;
  - T2_20 : provenant du traitement T2 à la profondeur 10-20 cm.

Ces échantillons de masses initiales variant entre 354,54 g et 2 291,96 g, ont été étiquetés et soigneusement conservés dans des sacs plastiques différents avant d'être acheminés au



Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

laboratoire GRN/SP de la station de Farako-bâ pour les analyses. Au total, nous avions 102 échantillons de sols dont 10 avant les semis et 92 après les récoltes.
Les paramètres suivants ont été déterminés : le pH-eau, le pH-kcl, le carbone total, l'azote total, le phosphore total, le phosphore assimilable et le potassium total.

### II.3.5. Analyse de laboratoire

#### *II.3.5.1. Préparation des échantillons*

Avant le dosage des paramètres chimiques, les sols prélevés ont été séchés à l'ombre, pesés, broyés et tamisés deux (02) fois : un tamisage à 2 mm et un autre à 0,5 mm. Les échantillons de biomasse souterraine et aérienne ont été également séchés à l'ombre. Puis, ils ont été broyés et tamisés directement à 0,5 mm.

#### *II.3.5.2. Méthodes d'analyse chimique des échantillons de sols*

##### *II.3.5.2.1. Détermination du pH-eau et du pH-kcl*

Le pH-eau et le pH-kcl des sols ont été déterminés selon un rapport sol/solution de 1/2,5 à travers une suspension de l'échantillon respectivement dans de l'eau distillée et une solution de KCl. La méthode consiste à introduire dans un flacon, 20 g de sol tamisé à 2 mm et à y ajouter 50 mL de solution (aqueuse ou de KCl). Le mélange obtenu est mis en agitation pendant une heure conformément à la norme AFNOR (1981). Le pH est directement lu sur le pH-mètre à électrodes en verre.

##### *II.3.5.2.2. Détermination du carbone total et de l'azote total*

Le carbone total a été déterminé par la méthode de WALKLEY AND BLACK (1934). Un échantillon de 0,5 g de sol a été oxydé à froid par du bichromate de potassium ($K_2Cr_2O_7$) 1N en présence de l'acide sulfurique ($H_2SO_4$) concentré. L'excès de bichromate a été titré par le sel de MOHR de formule chimique $Fe(SO_4)_2$ $(NH_4)_2$ en présence d'indicateur coloré.

L'azote total a été déterminé après minéralisation par la méthode KJELDAHL. Pour cela, 2,5 g d'échantillon de sol a été attaqué à chaud par l'acide sulfurique concentré. Après ajout d'une pincée de catalyseur sélénium et du $H_2O_2$, le produit intermédiaire a été porté progressivement à chaud jusqu'à décoloration. Le dosage a été fait par calorimétrie automatique.

*II.3.5.2.3. Détermination du phosphore total et du phosphore assimilable*

La minéralisation pour déterminer le phosphore total est identique à celle de l'azote total. Le dosage est fait par colorimétrie automatique au SKALAR. Le molybdate d'ammonium et le potassium antimoine tartrate réagissent en milieu acide avec l'acide ascorbique en formant un complexe coloré en bleu en présence de phosphore dont l'absorbance est mesurée à 880 nm. L'intensité de la coloration est proportionnelle à la quantité de phosphore dans le milieu.

Le phosphore assimilable est extrait selon la méthode BRAY I (BRAY and KURTZ, 1945) par une solution de fluor d'ammonium ($NH_4F$) 0,03 M et d'acide chlorhydrique 0,025 M, dans un rapport d'extraction sol/solution de 1/7. Cette méthode consiste à extraire les formes de phosphore soluble dans les acides en grande partie celle liée au calcium et une portion liée à l'aluminium et au fer par l'acide chlorhydrique. Les filtrats obtenus sont alors analysés par colorimétrie au spectrophotomètre à 882 nm. La densité optique des filtrats est fonction de la concentration en ions phosphore initialement présents.

*II.3.5.2.4. Détermination du potassium total*

Le potassium est dosé par un spectrophotomètre à émission de flamme après minéralisation des échantillons de sol avec une solution d'acide sulfurique concentrée à chaud en présence d'un catalyseur. La méthode de minéralisation est identique à celle décrite précédemment.

***II.3.5.3. Analyse chimique des échantillons de végétaux***

L'azote total et le phosphore total ont été dosés comme précédemment. Pour la minéralisation, nous avons pesé à chaud 0,25 g de l'échantillon concerné qui était gardé à l'étude pendant 24h à 65°C.

### II.3.6. Analyse des données et présentation des résultats

Les données obtenues ont été saisies à l'aide du logiciel Microsoft Office Excel 2013. Ce même logiciel a été utilisé pour la construction des tableaux et graphiques. Les analyses statistiques ont été faites par le logiciel XLSTAT version 2007.7.02. La séparation des moyennes a été effectuée par le test de Fisher lorsqu'une différence significative était observée entre les traitements au seuil de 5 %.

# III. RESULTATS - DISCUSSION

## III.1. Résultats

### III.1.1. Caractéristiques physico-chimiques initiales des sols

L'analyse granulométrique des sols indique une composition d'argile de 6,8 %, de limon grossier de 9,86 %, de limon fin de 5,75 % et de sable grossier de 33,51 %. Les sols ont alors une texture sablo-limoneuse. Quant aux caractéristiques chimiques initiales des sols, elles sont présentées dans le tableau I.

**Tableau I : Caractéristiques chimiques initiales des sols**

| Prof. (cm) | pH-eau | pH-kcl | C (%) | N_tot (%) | C/N | P_tot (mg/kg) | P_ass (mg/kg) | K_tot (mg/kg) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0-10 | 6,12 | 5,7 | 0,52 | 0,044 | 11,83 | 84,30 | 3,95 | 983 |
| 10-20 | 5,88 | 5,18 | 0,36 | 0,031 | 11,30 | 74,93 | 1,68 | 846 |

**Source : Résultats de nos analyses de laboratoire**

**Légende** : *Prof. : Profondeur ; C : carbone total ; N_tot : azote total ; P_tot : phosphore total ; P_ass : phosphore assimilable ; K_tot : potassium total*

### III.1.2. Caractéristiques chimiques initiales du compost appliqué

Le tableau II présente la composition chimique du compost appliqué.

**Tableau II : Composition chimique du compost**

| pH-eau | C (%) | N_tot (%) | C/N | P_tot (mg/kg) | K_tot (mg/kg) |
|---|---|---|---|---|---|
| 7,36 | 16,84 | 1,044 | 16 | 1949,67 | 15817,64 |

**Source : Résultats de nos analyses de laboratoire**

**Légende** : *C : carbone total ; N_tot : azote total ; P_tot : phosphore total ; K_tot : potassium total*

### III.1.3. Effet des traitements sur la nodulation du niébé

L'effet des traitements sur la nodulation du niébé est présenté dans le tableau III. Les analyses statistiques révèlent que les traitements n'ont pas eu d'effets significativement différents (au seuil de 5 %) sur la nodulation du niébé aussi bien au 60$^{ème}$ JAS qu'à la récolte. Néanmoins au 60$^{ème}$ JAS, le nombre moyen de nodules était de 28,06 et 22,75 respectivement pour T1 et T2 ($p = 0,13$). A la récolte, ce nombre a diminué et est de 6 pour T1 et 7,31 pour T2 ($p = 0,61$).

**Tableau III : Nombre moyen de nodules par plante en fonction des traitements et des périodes**

| Traitements | Nombre moyen de nodules par plante | |
|---|---|---|
| | **60 JAS** | **Récolte (86 JAS)** |
| **T1 (n = 9)** | 28,06 ± 7,22 | 6 ± 2,48 |
| **T2 (n = 9)** | 22,75 ± 6,02 | 7,31 ± 2,22 |
| **Probabilité** | 0,13 | 0,61 |
| **Signification** | NS | NS |

**Légende** : *T1 = NPK + urée ; T2 = NPK + urée + compost ; n = nombre de répétitions ; 60 JAS : 60ème jour après semis ; 86 JAS : 86ème jour après semis ; NS = Non significatif* (*ANOVA, Test de Fisher, seuil de 5 %).*

### III.1.4. Effet des traitements sur le rendement en gousses, graines et biomasse aérienne du niébé

Les nombres moyens de gousses par plante (p = 0,18) et de graines par gousse (p= 0,88) sont respectivement de 8,8 et 8,15 pour T1 et de 11,09 et 8,26 pour T2. Quant au poids de 100 graines, nous avons obtenu 8,53 g et 9,51 g respectivement au niveau du T1 et du T2 (p = 0,46). Les rendements graines (p =0,3) et biomasse (p = 0,3) sont respectivement de 624,39 kg/ha et 3 380,44 kg/ha pour T1 et de 868,58 kg/ha et 2 706,52 kg/ha pour T2. Les analyses statistiques ne montrent pas de différence significative au seuil de 5 % entre les traitements (Tableau IV). Toutefois nous constatons que le potentiel de rendement graines de la variété en milieu paysan (800 kg/ha) a été atteint au niveau du traitement T2.

**Tableau IV : Nombre moyen de gousses par plante, nombre moyen de graines par gousse, poids de 100 graines et poids de la biomasse aérienne en fonction des traitements**

| Trts | Nb G.plte$^{-1}$ | Nb gr.G$^{-1}$ | Pds 100 gr (g) | Rdt gr (kg/ha) | Pds B. a. (kg/ha) |
|---|---|---|---|---|---|
| T1 | 8,8 ± 5,12 | 8,15 ± 2,36 | 8,53 ± 2,34 | 624,39 ± 373,96 | 3380,44 ± 2480,46 |
| T2 | 11,09 ± 6,09 | 8,26 ± 2,82 | 9,1 ± 2,87 | 868,58 ± 396,83 | 2706,52 ± 1858,11 |
| **Prob** | 0,18 | 0,88 | 0,46 | 0,3 | 0,3 |
| **Sig** | NS | NS | NS | NS | NS |

**Légende** : Trts : Traitements ; *T1 = NPK + urée ; T2 = NPK + urée + compost ; Prob : Probabilité ; Sig : Signification ; Nb G.plte$^{-1}$ = nombre moyen de gousses par plante ; Nb gr.G$^{-1}$ = nombre moyen de graines par gousse ; Pds 100 gr = poids de 100 graines ; Rdt gr : rendement graine ; Pds B. a. = poids de la biomasse aérienne ; NS = Non significatif* (*ANOVA, Test de Fisher, seuil de 5 %).*

**NB** : *Les données du tableau IV sont les moyennes de 23 répétitions*.

### III.1.5. Effet des traitements sur la teneur en azote et phosphore totaux de la biomasse souterraine

L'effet des traitements sur la teneur en azote et phosphore totaux de la biomasse souterraine est présenté par le Tableau V. Au 60$^{ème}$ JAS, les teneurs en azote total sont de 1,75 % pour T1 contre 1,65 % pour T2 (p = 0,55). A la récolte, ces teneurs ont augmenté et sont de 1,79 % pour T1 et 1,74 % pour T2 (p = 0,81).

Quant au phosphore total, des teneurs de 1 686,29 mg/kg et 1 629, 63 mg/kg ont été obtenues au 60$^{ème}$ JAS respectivement avec T1 et T2 (p = 0,76). A la récolte, ces teneurs ont été majorées et nous enregistrons 2 227,13 mg/kg avec T1 contre 2 250,19 mg/kg) avec T2 (p = 0,94). Les analyses statistiques révèlent que les traitements ont eu des effets similaires au seuil de 5 %, aussi bien au 60$^{ème}$ JAS qu'à la récolte.

**Tableau V : Effet des traitements sur la teneur en azote et phosphore totaux de la biomasse souterraine**

| Trts | N_tot (% MS) | | P_tot (mg/kg) | |
|---|---|---|---|---|
| | **60 JAS** | **Récolte (86 JAS)** | **60 JAS** | **Récolte (86 JAS)** |
| **T1 (n = 9)** | 1,75 ± 0,4 | 1,79 ± 0,51 | 1 686,29 ± 391,06 | 2 227,13 ± 683,77 |
| **T2 (n = 9)** | 1,65 ± 0,31 | 1,74 ± 0,3 | 1 629,63 ± 377,05 | 2250,19 ± 520,26 |
| **Prob** | 0,55 | 0,81 | 0,76 | 0,94 |
| **Sig** | NS | NS | NS | NS |

**Légende** : Trts : Traitements ; *T1 = NPK + urée ; T2 = NPK + urée + compost ; n = nombre de répétitions ; Prob : probabilité ; N_tot : azote total ; P_tot: phosphore total ; MS : matière sèche ; 60ème jour après semis ; 86 JAS : 86ème jour après semis ; NS = Non significatif* (*ANOVA, Test de Fisher, seuil de 5 %).*

### III.1.6. Effet des traitements sur la teneur en azote et phosphore totaux de la biomasse aérienne

Le Tableau VI présente l'effet des traitements sur la teneur en azote et phosphore totaux de la biomasse aérienne. Les teneurs en azote total sont de 2,12 % avec T1 contre 1,87 % avec T2 au 60ème JAS (p = 0,29). A la récolte, ces teneurs sont passées à 2,21 % et 2, 09 % respectivement au niveau de T1 et T2 (p = 0,44).

Pour le phosphore total, nous enregistrons au 60ème JAS des teneurs de 1 949,69 mg/kg et 2 021,66 mg/kg (p = 0,83) respectivement avec T1 et T2. A la récolte, ces teneurs ont augmenté et sont de 2 584,35 mg/kg pour T1 et 2 439,52 mg/kg pour T2 (p = 0,65). D'après les analyses statistiques, les traitements ont eu les mêmes effets (au seuil de 5 %), tant au 60ème JAS qu'à la récolte.

**Tableau VI : Effet des traitements sur la teneur en azote et phosphore totaux de la biomasse aérienne**

| Trts | N_tot (% MS) | | P_tot (mg/kg) | |
|---|---|---|---|---|
| | **60 JAS** | **Récolte (86 JAS)** | **60 JAS** | **Récolte (86 JAS)** |
| **T1 (n = 9)** | 2,12 ± 0,64 | 2,21 ± 0,29 | 1 949,69 ± 699,23 | 2584,35 ± 813,31 |
| **T2 (n = 9)** | 1,87 ± 0,28 | 2,09 ± 0,37 | 2 021,66 ± 704,86 | 2439,52 ± 488,76 |
| **Prob** | 0,29 | 0,44 | 0,83 | 0,65 |
| **Sig** | NS | NS | NS | NS |

**Légende** : Trts : Traitements ; *T1 = NPK + urée ; T2 = NPK + urée + compost ; n = nombre de répétitions ; Prob : probabilité ; N_tot : azote total ; P_tot: phosphore total ; MS : matière sèche ; 60ème jour après semis ; 86 JAS : 86ème jour après semis ; NS = Non significatif* (*ANOVA, Test de Fisher, seuil de 5 %).*

### III.1.7. Effet des traitements sur le pH-eau et le pH-kcl du sol

Les valeurs moyennes de pH-eau (Figure 6) comprises entre 5,70 et 5,91 ($p = 0,001$) ont été obtenues respectivement au niveau de la profondeur 10-20 cm de T1 (T1_20) et la profondeur 0-10 cm de T2 (T2_10).

Quant au pH-kcl (Figure 7), les valeurs moyennes sont comprises entre 4,96 et 5,35 ($p < 0,0001$) obtenues respectivement au niveau des profondeurs 10-20 cm de T1 (T1_20) et 0-10 cm de T2 (T2_10).

L'analyse de variance (au seuil de 5 %) révèle que les différences observées entre les traitements sont très hautement significatives. Cependant, les valeurs de pH-eau et de pH-kcl obtenues aux profondeurs 0-10 cm des traitements T1 et T2 (T1_10 et T2_10) d'une part et aux profondeurs 10-20 cm des traitements T1 et T2 (T1_20 et T2_20) d'autre part, sont statistiquement identiques (au seuil de 5 %).

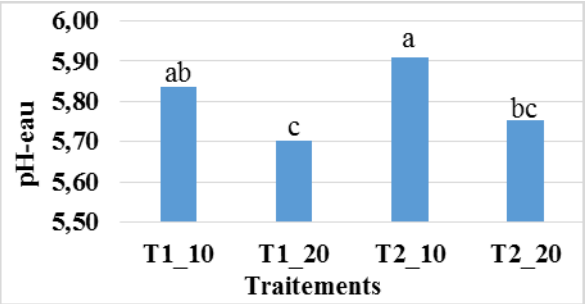


**Figure 6 : Effet des traitements sur le pH-eau**

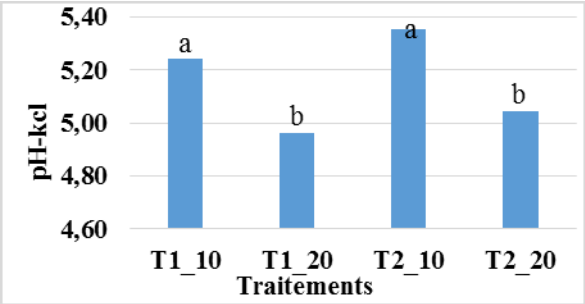


**Figure 7 : Effet des traitements sur le pH-kcl**

**Légende** : *T1_10 = NPK + urée, profondeur 0-10cm ; T1_20 = NPK + urée, profondeur 10-20cm ; T2_10 = NPK + urée + compost, profondeur 0-10cm ; T2_20 = NPK + urée + compost, profondeur 10-20cm.*

**N.B :** *Les histogrammes affectés d'une même lettre ne diffèrent pas significativement au seuil de 5 % (ANOVA, Test de Fisher). Chaque histogramme est la moyenne de 23 valeurs.*

### III.1.8. Effet des traitements sur la teneur en carbone total et en azote total

L'examen de la Figure 8 permet de constater que les teneurs en carbone total sont comprises entre 0,57 % et 0,91 % (p = 0,02) obtenues respectivement au niveau de la profondeur 10-20 cm de T1 (T1_20) et la profondeur 0-10 cm de T2 (T2_10). D'après les analyses statistiques, il existe une différence significative entre les traitements au seuil de 5 %. Toutefois au niveau des traitements T1 et T2, les teneurs observées aux profondeurs 0-10 cm d'une part (T1_10 et T2_10) et 10-20 cm (T1_20 et T2_20) d'autre part, demeurent statistiquement identiques (au seuil de 5 %).

La Figure 9 présente les teneurs en azote total variant entre 0,043 % et 0,072 % (p = 0,003) obtenues respectivement aux profondeurs 10-20 cm de T1 (T1_20) et 0-10 cm de T2 (T2_10). Malgré l'obtention de différences hautement significatives entre les traitements (au seuil de 5 %), les teneurs observées aux profondeurs 0-10 cm d'une part (T1_10 et T2_10) et 10-20 cm (T1_20 et T2_20) d'autre part, sont statistiquement identiques.

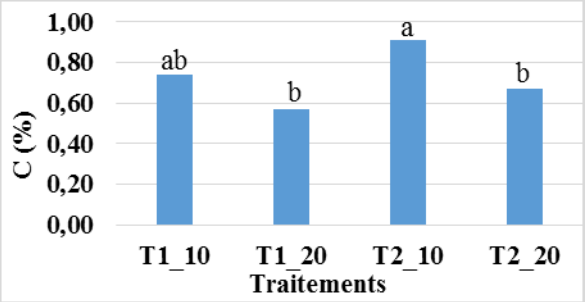


**Figure 8 : Effet des traitements sur la teneur en carbone total (%)**

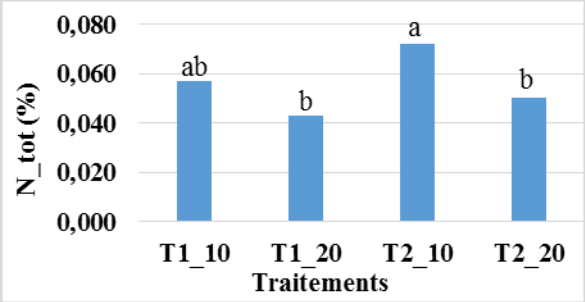


**Figure 9 : Effet des traitements sur la teneur en azote total (%)**

**Légende** : *T1_10 = NPK + urée, profondeur 0-10cm ; T1_20 = NPK + urée, profondeur 10-20cm ; T2_10 = NPK + urée + compost, profondeur 0-10cm ; T2_20 = NPK + urée + compost, profondeur 10-20cm ; C = carbone total ; N_tot : azote total.*

**N.B :** *Les histogrammes affectés d'une même lettre ne diffèrent pas significativement au seuil de 5 % (ANOVA, Test de Fisher). Chaque histogramme est la moyenne de 23 valeurs.*

### III.1.9. Effet des traitements sur le rapport C/N et la teneur en phosphore total du sol

L'examen de la figure 10 permet de constater que les rapports carbone/azote (C/N) varient entre 12,56 et 13,12 (p = 0,80) respectivement au niveau des profondeurs 0-10 cm de T2 (T2_10) et 10-20 cm de T1 (T1_20). L'analyse de variance indique que ces valeurs sont statistiquement identiques au seuil de 5 %.

Les teneurs en phosphore total (Figure 11) sont comprises entre 87,08 mg/kg et 114,98 mg/kg (p =0,04) observées respectivement dans les profondeurs 10-20 cm de T1 (T1_20) et 0-10 cm de T2 (T2_10). Les analyses statistiques révèlent qu'il existe une différence significative entre les traitements (au seuil de 5 %). Cependant, les teneurs obtenues au niveau de la profondeur 0-10 cm de T2 (T2_10) d'une part, et au niveau des profondeurs 0-10 cm de T1 (T1_10) et 10-20 cm de T2 (T2_20) d'autre part, demeurent identiques (au seuil de 5 %).

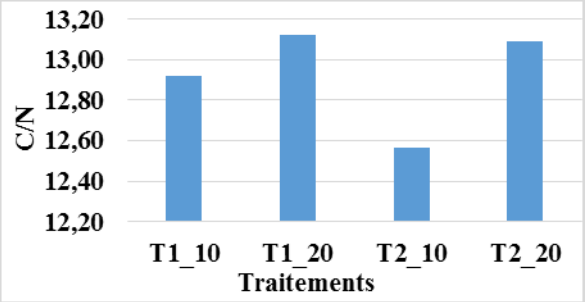


**Figure 10 : Effet des traitements sur le rapport C/N**

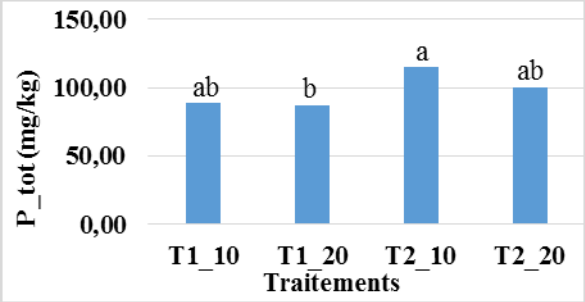


**Figure 11 : Effet des traitements sur la teneur en phosphore total (mg/kg)**

**Légende** : *T1_10 = NPK + urée, profondeur 0-10cm ; T1_20 = NPK + urée, profondeur 10-20cm ; T2_10 = NPK + urée + compost, profondeur 0-10cm ; T2_20 = NPK + urée + compost, profondeur 10-20cm ; C/N = carbone/azote ; P_tot : phosphore total.*

**N.B :** *Les histogrammes affectés d'une même lettre ne diffèrent pas significativement au seuil de 5 % (ANOVA, Test de Fisher). Chaque histogramme est la moyenne de 23 valeurs.*

### III.1.10. Effet des traitements sur la teneur en phosphore assimilable et en potassium total du sol

L'analyse de la figure 12 permet de constater que la teneur la plus élevée en phosphore assimilable (5,11 mg/kg) est acquise dans la profondeur 0-10 cm de T2 (T2_10) ; la plus faible teneur (2,84 mg/kg) est obtenue au niveau de T1, dans la profondeur 10-20 cm (T1_20) (p = 0,007). L'analyse de variance (au seuil de 5 %) révèle que les différences observées entre les traitements sont hautement significatives. Nonobstant, les teneurs obtenues aux profondeurs 0-10 cm des traitements T1 et T2 (T1_10 et T2_10) d'une part et aux profondeurs 10-20 cm des traitements T1 et T2 (T1_20 et T2_20) d'autre part, sont statistiquement identiques (au seuil de 5 %).

La figure 13 présente l'évolution des teneurs en potassium total en fonction des traitements et de la profondeur. Elles varient entre 824 mg/kg et 1092 mg/kg (p = 0,04) obtenues respectivement au niveau des profondeurs 0-10 cm de T1 (T1_10) et 10-20 cm de T2 (T2_20). Malgré l'obtention de différences hautement significatives entre les traitements (au seuil de 5 %), les teneurs en potassium total restent statistiquement identiques au niveau des profondeurs 0-10 cm et 10-20 cm de T1 (T1_10 et T1_20) d'une part, et d'autre part au niveau des profondeurs 0-10 cm et 10-20 cm de T2 (T2_10 et T2_20).

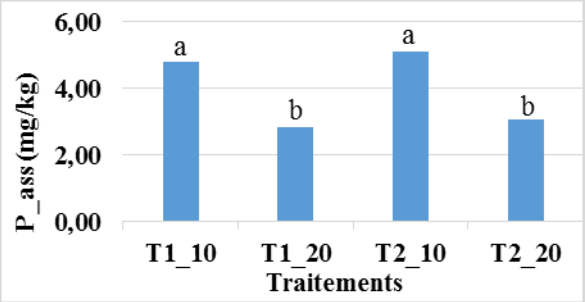


**Figure 12 : Effet des traitements sur la teneur en Phosphore assimilable (mg/kg)**

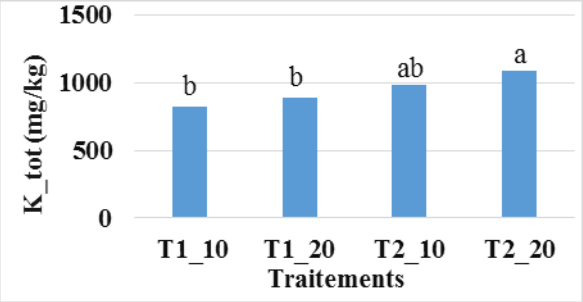


**Figure 13 : Effet des traitements sur la teneur en potassium total (mg/kg)**

**Légende** : *T1_10 = NPK + urée, profondeur 0-10cm ; T1_20 = NPK + urée, profondeur 10-20cm ; T2_10 = NPK + urée + compost, profondeur 0-10cm ; T2_20 = NPK + urée + compost, profondeur 10-20cm ; P_ass = phosphore assimilable ; K_tot : potassium total.*

**N.B :** *Les histogrammes affectés d'une même lettre ne diffèrent pas significativement au seuil de 5 % (ANOVA, Test de Fisher). Chaque histogramme est la moyenne de 23 valeurs.*

## III.2. Discussion

### III.2.1. Effet des traitements sur la nodulation, le rendement et les paramètres chimiques des biomasses

Les analyses statistiques révèlent que les traitements n'ont pas eu d'effets significativement différents (au seuil de 5 %) sur la nodulation du niébé tant au 60ème JAS qu'à la récolte. De même, une différence significative (au seuil de 5 %) entre les traitements n'a pas été montrée en termes de rendements en gousses, graines biomasse aérienne. Pourtant, les travaux de BADO (2002) prouvent que les apports de fumures ont une influence sur les rendements graines et fanes de niébé ainsi que sur leur capacité à fixer l'azote atmosphérique au niveau des nodules. SOME *et al*. (2014) indiquent que l'application du compost permet d'augmenter le rendement graines. Quant à OUEDRAOGO et HIEN (2015), une meilleure production de biomasse aérienne est observée avec l'application de la fumure organo-minérale. Le phosphore, la dolomie et le fumier augmentent la nodulation (BADO, 2002). Dans notre cas, la non-significativité de l'effet des traitements serait due à une faible libération d'éléments nutritifs par le compost du traitement T2 qui a été faiblement minéralisé en première année. En effet, le compost est valorisé à long terme. Selon HOUOT *et al*. (2002), aucun effet significatif des traitements organiques n'apparait en première année d'application du compost. En revanche, un effet positif et significatif est observé l'année suivante. Les travaux de BADO (2002) montrent que les effets des fumures organo-minérales sur les rendements des cultures sont plus marquées en deuxième année. En outre, la lenteur d'évolution du compost s'explique par le fait que 30 % de l'azote est libéré en première année ; 25 % en 2ème année et 15 % en 3ème année ; le solde étant perdu pour les cultures (CHAILANDES, 2011).

En termes de teneur en azote et phosphore totaux des biomasses, les analyses statistiques ne révèlent pas de différence significative (au seuil de 5 %) entre les traitements quelle que soit la période. Cette situation serait imputable à une faible disponibilité des éléments nutritifs due à une lente minéralisation du compost au cours de la première année d'application. En effet, les teneurs en azote et phosphore totaux observées au niveau des biomasses du niébé sont fonctions de la disponibilité en éléments minéraux qu'apporteraient les fumures (BADO, 2002 ; OUEDRAOGO et HIEN 2015).

### III.2.2. Effet des apports de fertilisants sur les paramètres chimiques du sol

Nos résultats montrent que dans l'ensemble, les paramètres chimiques ont évolué positivement au niveau de la profondeur 0-10 cm de T2 (T2_10). Cela pourrait s'expliquer par l'effet bénéfique de l'adjonction du compost à la fumure minérale.

L'analyse de variance (au seuil de 5 %) révèle que les différences observées entre les traitements au niveau des valeurs de pH sont très hautement significatives. En comparaison avec l'état initial du sol avant les semis, nous constatons une légère tendance à l'acidification. D'une manière générale, les sols analysés après la récolte sont moyennement acides selon BUNASOLS (1990). Toutefois, la tendance à l'acidification est plus amoindrie au niveau de la profondeur 0-10 cm de T1 et T2 (T1_10 et T2_10). Les meilleures valeurs que sont 5,91 et 5,35 respectivement comme pH-eau et pH-kcl, obtenues au niveau de la profondeur 0-10 cm de T2 (T2_10) seraient dues à l'effet bénéfique de la fumure organo-minérale apportée. Ce résultat corroborent ceux obtenus par plusieurs auteurs (HOUOT *et al*., 2009 ; SANTOS *et al*., 2011 ; ARROUAYS *et al*., 2012 ; KONATE *et al*., 2012 ; MIRANDA *et al*., 2014 ; et SIKUZANI *et al*., 2014). Selon eux, l'apport de compost permet de relever et maintenir le pH des sols. Cette augmentation serait due à l'effet tampon de la matière organique, à la teneur en cations basiques (essentiellement le Ca et Mg), à la présence des micro-organismes filamenteux qui prennent naissance dans les apports organiques et à la complexation de l'aluminium. En effet, l'acidité des sols a une très grande influence sur la concentration des éléments nutritifs et toxiques de la solution du sol (SIKUZANI *et al*., 2014).

L'analyse de variance révèle que les teneurs en carbone total sont significativement différentes au seuil de 5 % ($p = 0,02$). La teneur plus élevée (0,91 %) obtenue au niveau de la profondeur 0-10 cm de T2 (T2_10), bien que statistiquement identique à celle déterminée au niveau de la profondeur 0-10 cm de T1 (T1_10), prouverait l'effet bénéfique du compost. Ce résultat est conforme à celui de HOUOT *et al*. (2009), SANTOS *et al*. (2011) et SIZUKANI *et al*. (2014).

Selon BUNASOLS (1990), seule la teneur en azote total obtenu au niveau de la profondeur 0-10 cm de T2 (T2_10) est qualifiée de moyenne. Les autres teneurs sont dites basses. Les analyses statistiques révèlent qu'il existe une différence hautement significative entre les traitements ($p = 0,003$). La teneur plus élevée en azote total (0,072 %) observée après les récoltes au niveau de la profondeur 0-10 cm de T2 (T2_10), serait due à l'adjonction du compost. Cette teneur était de 0,044 % au niveau de la profondeur 0-10 cm de T0 (T0_10). La

minéralisation lente et progressive du compost, couplée au pouvoir fixateur de l'azote atmosphérique par le niébé, aurait permis d'augmenter cette teneur. Selon ADIBI *et al*. (2008), l'azote qui est essentiellement sous forme organique dans le compost, est minéralisé (ammonification et nitrification) lentement pour être disponible aux plantes qui l'utiliserait surtout sous forme de nitrate.

Les rapports C/N varient entre 12,56 et 13,12 (p = 0,80) respectivement au niveau des profondeurs 0-10 cm de T2 (T2_10) et 10-20 cm de T1 (T1_20). L'analyse statistique révèle qu'ils sont identiques au seuil de 5 %. Cela pourrait s'expliquer par le faible degré de minéralisation du compost apporté au niveau du traitement T2. L'optimum du rapport C/N des sols est compris entre 9 et 12. Le rapport C/N le plus proche de 12 a été obtenu dans la profondeur 0-10 cm de T2 (T2_10). Cela pourrait s'expliquer par l'effet bénéfique de la fumure organo-minérale. En effet, malgré la faible minéralisation du compost en première année d'application, son adjonction à la fumure minérale aurait stimulé l'activité biologique. Les travaux de SEGDA *et al*. (2001) ont montré que l'adjonction de l'urée aux substrats organiques permet d'accélérer leur décomposition ; ce qui fait baisser la valeur du rapport C/N.

Dans les profondeurs 0-10 cm et 10-20 cm de T2 (T2_10 et T2_20), nous avons enregistré les meilleures teneurs en phosphore total que sont respectivement 114,98 mg/kg et 100,25 mg/kg (p = 0,04). Quant au phosphore assimilable et au potassium total, les meilleures teneurs que sont 5,11 mg/kg (p = 0,007) et 1 092 mg/kg (p = 0,04), ont été déterminées respectivement au niveau de la profondeur 0-10 cm et 10-20 cm de T2 (T2_10 et T2_20). Selon BUNASOLS (1990), les teneurs en phosphore total obtenues aux profondeurs 0-10 cm et 10-20 cm (T2_10 et T2_20) sont dites basses ; les autres teneurs sont dites très basses. De plus, seul le traitement T2 à la profondeur 0-10 cm (T2_10) permet d'avoir une teneur basse en phosphore assimilable ; les autres teneurs sont qualifiées de très basses. Quant au potassium total, la teneur obtenue dans la profondeur 10-20 cm de T2 (T2_20) est qualifiée de moyenne ; les autres sont dites basses. Les différences observées entre ces teneurs (phosphore total, phosphore assimilable et potassium total) seraient dues à l'effet bénéfique du compost. Selon SIKUZANI *et al*. (2014), les apports de compost ont un effet significatif sur la teneur en phosphore et en potassium dans le sol. Cependant, lorsque nous comparons les teneurs en potassium avec celles de la situation initiale des sols, nous remarquons qu'en général il n'y a pas une évolution assez remarquable entre elles, surtout au niveau de la profondeur 0-10 cm de T2 (T2_10). Ce résultat corrobore celui obtenu par ARROUAYS *et al*. (2012). Selon ces

derniers, les sols agricoles ne montrent pas de baisse mesurable de leurs teneurs en potassium, malgré une diminution importante des apports minéraux externes.

# CONCLUSION, RECOMMANDATIONS ET PERSPECTIVES

L'étude concernant l'effet de la fertilisation organo-minérale sur le rendement du niébé et les paramètres chimiques du sol en situation réelle de culture à l'Ouest du Burkina Faso visait spécifiquement à évaluer l'effet de la fertilisation organo-minérale sur les composantes du rendement du niébé ; à déterminer l'effet de la fertilisation organo-minérale sur la teneur en azote (N) et en phosphore (P) de la biomasse aérienne et souterraine du niébé ; et à mesurer l'effet de la fertilisation organo-minérale sur les paramètres chimiques du sol.

Les résultats montrent que le nombre moyen de nodules a diminué du 60$^{ème}$ JAS à la récolte dans tous les traitements. En effet au 60$^{ème}$ JAS, il était de 28,06 et 22,75 respectivement pour T1 et T2 ($p = 0,13$). A la récolte, ce nombre est passé à 6 pour T1 et à 7,31 pour T2 ($p = 0,61$). Quant aux rendements graines ils étaient de 624,39 kg/ha et 868,58 kg/ha respectivement pour T1 et T2 ($p = 0,3$). Bien qu'il n'existe pas de différence significative entre les traitements au seuil de 5 % (Tableau IV), nous avons néanmoins constaté que le potentiel de rendement graines de la variété de niébé utilisé en milieu paysan (800 kg/ha) a été atteint au niveau du traitement T2. Ces résultats infirment notre première hypothèse qui stipulait que la fertilisation organo-minérale bonifie l'évolution les composantes du rendement du niébé. Toutefois cette hypothèse est partiellement acceptée puisque le potentiel de rendement de la variété a été atteint au traitement T2.

Les teneurs en N et P totaux des biomasses du niébé sont statistiquement identiques aussi bien au 60$^{ème}$ JAS qu'à la récolte dans tous les traitements au seuil de 5 %. Cela est en désaccord avec notre deuxième hypothèse selon laquelle les teneurs en N et P totaux des biomasses aérienne et souterraine sont améliorées par la fertilisation organo-minérale.

Les résultats d'analyse chimiques des sols après la récolte montrent que les sols étaient moyennement acides. Cette tendance à l'acidification était moindre suite au niveau du traitement T2 à la profondeur 0-10 cm (T2_10), qui a permis alors d'enregistrer de meilleures valeurs de pH-eau (5,91) et de pH-kcl (5,35). Le même traitement à la même profondeur a favorisé l'obtention de teneurs plus élevées en carbone total, en azote total, en phosphore total et en phosphore assimilable que sont respectivement 0,91 % ; 0,072 % ; 114,98 mg/kg et 5,11 mg/kg. Les teneurs en potassium total ont évolué de 824 mg/kg à 1092 mg/kg obtenues respectivement avec l'application des traitements T1 dans la profondeur 0-10 cm (T1_10) et T2 au niveau de la profondeur 10-20 cm (T2_20). Les effets des traitements sur les paramètres chimiques des sols étaient par moment non significatifs (au niveau du rapport C/N), significatifs (au niveau des teneurs en carbone et en phosphore total), hautement

significatifs (au niveau des teneurs en azote, en phosphore assimilable et en potassium total) et très hautement significatifs (entre les valeurs de pH-eau et pH-kcl). Ces résultats confirment notre hypothèse selon laquelle la fertilisation organo-minérale restaurent les paramètres chimiques du sol.

Il ressort de cette étude que les composantes de rendement et les paramètres chimiques des biomasses du niébé n'ont pas été influencées positivement par la fumure organo-minérale. Par contre, l'adjonction du compost à la fumure minérale a influencé significativement les paramètres chimiques du sol. La non-significativité de l'effet de nos traitements serait due à une fourniture retardée des éléments nutritifs par le compost. En effet, étant donné que le compost est minéralisé progressivement, son effet bénéfique ne peut être mieux apprécié qu'à long terme. D'où les effets bénéfiques perçus au niveau des paramètres chimiques des sols analysés après la récolte.

Au regard de l'effet positif de la fertilisation organo-minérale dans l'atteinte du potentiel de rendement du niébé en milieu paysan et sur les paramètres chimiques du sol dès la première année, nous pouvons recommander aux producteurs d'opter pour la pratique de fertilisation organo-minérale dans le but d'intensifier durablement leurs productions. Afin de constater une tendance des résultats obtenus avec le temps, nous proposons en guise de perspectives que ce dispositif soit reconduit en milieu paysan. En outre, un test en milieu contrôlé pourrait être fait avec différentes doses de fumures pour proposer des options de fertilisation du niébé pouvant améliorer durablement la fertilité des sols et intensifier la production du niébé.

# REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

**ABDOUL HABOU Z., 2013.** Entomofaune associée à *Jatropha curcas* L. au Niger et évaluation de l'activité insecticide de son huile. Thèse de doctorat en Sciences Agronomiques et Ingénierie biologique, Université de Liège – Gembloux agro bio-tech, Niger, Niamey. 124 p.

**ABGA P.T., 2013.** Détermination des options de fertilisation organo-minérale et de densité de semis pour une intensification de la production du maïs dans la région de l'Est du Burkina Faso. Mémoire de Master II en Science du sol, Institut du Développement Rural (IDR), Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso (UPB), Burkina Faso. 85 p.

**ADIBI S., HADDAD M., FERCHICHI A., 2008.** Effet d'un compost oasien sur la culture de la luzerne (*Medicago sativa* L.). *Options Méditerranéennes*, Séries A (79) : 409 – 413.

**AFNOR, 1981.** Détermination du pH. NF ISO 103 90. In *AFNOR, qualité des sols*, Paris, 339-348.

**ARROUAYS D., ANTONI V., BARDY M., BISPO A., BROSSARD M., JOLIVET C., LE BAS C., MARTIN M., SABY N., SCHNEBELEN N., VILLANNEAU E., STENGEL P., 2012.** Fertilité des sols : conclusions du rapport sur l'état des sols en France. *Innovations Agronomiques*, 2:1-11.

**BACYE B., 1993.** Influence des systèmes de culture sur l'évolution du statut organique et minéral des sols ferrugineux et hydromorphes en zone soudano-sahélienne. (Province du Yatenga, Burkina Faso).Thèse de doctorat en Sciences. Université de Droit, d'Economie et des Sciences d'Aix-Marseille III (France). 243 p.

**BACYE B., MOREAU R., FELLER C., 1998.** Décomposition d'une poudrette de fumier incorporée dans un sol sableux de versant et un sol argilo-limoneux de bas-fond en milieu soudano-sahélien, *Etude et Gestion des Sols*, 5 (2) : 83-92.

**BADO V. B., 2002.** Rôle des légumineuses sur la fertilité des sols ferrugineux tropicaux des zones guinéenne et soudanienne du Burkina Faso. Thèse de doctorat. Département des sols et

de génie agroalimentaire, Faculté des Sciences de l'Agriculture et de l'Alimentation, Université Laval, Québec, Canada. 184 p.

**BAOUA I.**, **NOURI M., SAIDOU A. K., AMADOU L., 2015.** Quelques nouvelles variétés du niébé précoces productives et résistantes aux ravageurs. Laboratoire d'entomologie Agricole, Centre régional de la Recherche Agronomique du Niger (CERRA), République du Niger. 3 p.

**BEAUDET P., GRENIER M., GIROUX M., GIRARD V., 2004.** Description statistique des propriétés chimiques des sols minéraux du Québec. Agriculture, Pêcheries et Alimentation, Québec. 112 p.

**BRAR B. S., SINGH J., SINGH G., KAUR G., 2015.** Effects of Long Term Application of Inorganic and Organic Fertilizers on Soil Organic Carbon and Physical Properties in Maize – Wheat Rotation. *Agronomy*, (5) : 220-238.

**BRAY R I. I., KURTZ L. T., 1945.** Determination of total organic, and available forms of phosphorus in soils. *Soil Science*, (59) : 39-45.

**BRESSANI R., 1997.** Nutritive value of Cowpea. In : Cowpea research production and utilization, Singh RS (ed), J. Willy & Sons, New York, pp. 135-155.

**BUNASOLS (Bureau National des Sols)**, 1990. Manuel technique pour l'évaluation des terres. Documentations techniques n°6, BUNASOLS/, Ouagadougou, Burkina Faso. 181p.

**BUSSON S., CHABALIER P-F., COTTINEAU J-S., DE LABURTHE B., FOURNIER P., LEROUX K., VAN DE KERCHOVE V., SALGADO P., 2012.** Chapitre 2 : Amendements et engrais. Guide des bonnes pratiques agricoles à la Réunion, Système d'information sur l'eau du bassin Réunion, pp. 62-115.

**CAS, 2013.** Fertilisants organiques dans les terreaux : Informations pour les utiliser avec succès. 4 p.

**CASTILLON P., COLOMB B., DECROUX J., DIAB M., FARDEAU JC., LAURENT F., MASSE J., PLET P., VILLEMIN P., 1995.** Aide au diagnostic et à la prescription de la fertilisation phosphatée et potassique des grandes cultures. Comité Français d'Etude et de Développement de la Fertilisation Raisonnée 8, Avenue du Président Wilson, 75116 Paris. 37 p.

**CESAO-PRN, 2009.** Etude de référence sur la filière niébé dans la région de Zinder (SNV Zinder). Rapport final, Antenne de Maradi. Niger, 80 p.

**CHAILANDES S., 2011.** Effet du compost en arboriculture fruitière. Etude de la dynamique de l'azote sur une année. *Science, Arboriculture, Objectif*, (75) : 15-17.

**COULIBALY K., VALL E., AUTFRAY P., SEDOGO P.M., 2012.** Performance technico-économique des associations maïs/niébé et maïs/mucuna en situation réelle de culture au Burkina Faso : potentiels et contraintes, *Tropicultura*, 30 (3) : 147-154.

**DUGJE Y.I., OMOIGUI O.L., EKELEM F., KAMARA Y.A., AJEIGBE H., 2009.** Production du niébé en Afrique de l'Ouest: guide du paysan. Institut International d'Agriculture Tropicale (IITA), Ibadan, Nigeria. 20 p.

**EHLERS J. D., HALL A. E., 1997.** Cowpea (*Vigna unguiculata* L.Walp.). *Field Crops Research*, (53) : 187-204.

**FAO, 2003.** Gestion de la fertilité des sols pour la sécurité alimentaire en Afrique subsaharienne. FAO, Rome, Italie. 63 p.

**HEDJAL-CHEBHEB M., 2014.** Identification des principes actifs des huiles essentielles de quelques résineux et plantes aromatiques de provenance Algérienne et Tunisienne. Etude de leurs activités biologiques à l'égard d'un insecte ravageur des graines stockées, *Callosobrucus maculatus* F. 1775 (*Coleoptera* : *Bruchidae*). Thèse de Doctorat en Biologie, Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou, Algérie. 103 p.

**HOUOT S., CAMBIER PH. BENOIT P., DESCHAMPS M., JAULIN A., LHOUTELLIER C., BARRIUSO E., 2009.** Effet d'apports de composts sur la disponibilité

de micropolluants métalliques et organiques dans un sol cultivé. *Étude et Gestion des Sols*, 16, (¾) : 255 – 274.

**HOUOT S., FRANCOU C., VERGE-LEVIEL C., MICHELIN J., BOURGEOIS S., LINERES M., MOREL P., PARNAUDEAU V., BISSONNAIS Y. L., DIGNAC M-F., DUMAT C., CHEIAB A., POITRENAUD M., 2002.** Valeur agronomique et impacts environnementaux de composts d'origine urbaine : variation avec la nature du compost. *Dossier de l'environnement de l'INRA*, (25) : 107-124.

**IIFA, 2014.** La fertilisation et les sols : les experts en parlent. International Fertilizer Industry Association, 28 rue Marbeuf, 75008, Paris, France. 8 p.

**INSD, 2006.** Recensement général de la population et de l'habitat (RGPH) de 2006 du Burkina Faso : Résultats définitifs. Burkina Faso. 55 p.

**ISHIKAWA H., DRABO I., MURANAKA S., BOUKAR O., 2013.** Guide pratique sur la culture du niébé au Burkina Faso, International Institute of Tropical Agriculture (IITA). Ibadan, Nigeria. 32 p.

**ISRA, ITA (Institut de technologie alimentaire), CIRAD (Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement), 2005.** Bilan de la recherche agricole et agroalimentaire au Sénégal. Dakar, Sénégal. 520 p.

**ITT, 2009.** Petit guide pratique de la matière organique, pp. 10-12

**JEMO M., ABAIDOO R. C., NOLTE C., TCHIENKOUA M., SANGINGA N., HORST W. J., 2006.** Phosphorus benefits from grain-legume crops to subsequent maize grown on acid soils of southern Cameroon. *Plant Soil*, 284 : 385-397.

**KABORE K. H., 2013.** Effet de microdosage de la fumure organo-minérale sur la dynamique de *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid., agent causal de la pourriture charbonneuse du niébé. Mémoire de Diplôme d'Études Approfondies (DEA), en Gestion Intégrée des Ressources Naturelles (GIRN), Institut du Développement Rural (IDR) : Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso (UPB), Burkina Faso. 47 p.

**KARABONEYE F., 2013.** Caractérisation de l'efficacité symbiotique de lignées africaines de soya à haute promiscuité. Mémoire de Maîtrise en biologie végétale, Université Laval, Québec, Canada. 127 p.

**KASSAM A. H., 1976.** Crops of the West African semi-arids tropics. ICRISAT, Hyderabad, India. p. 948

**KIBA D. I., 2012.** Diversité des modes de gestion de la fertilité des sols et leurs effets sur la qualité des sols et la production des cultures en zones urbaine, péri-urbaine et rurale au Burkina Faso. Thèse de doctorat unique, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, Burkina Faso. 172 p.

**KIMUNI L. N., MWALI M. K., MULEMBO T. M., LWALABA J. W., LUBOBO A. K., KATOMBE B. N.A., MPUNDU M. M., BABOY L. L., 2014.** Effets de doses croissantes des composts de fumiers de poules sur le rendement de chou de Chine (*Brassica chinensis* L.) installé sur un sol acide de Lubumbashi, *Journal of Applied Biosciences,* (77) : 6509– 6522.

**KONATE Z., GALA B. T. J., MESSOUM F. G., SEKOU A., YAO-KOUAME A., CAMARA M., KELI Z. J., 2012.** Alternatives à la fertilisation minérale des sols en riziculture pluviale de plateau : apports des cultures du soja et du niébé dans la fertilité d'un ferralsol hyperdystrique au Centre-ouest de la Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences,* (54) : 3859 – 3869.

**KOULIBALY B., 2014.** Situation de la fertilisation et de gestion de la fertilité des sols au Burkina Faso, INERA, Communication à la 7è réunion bilan du PR-PICA du 16 au 18 Avril 2014, Dakar. 29 p.

**KOULIBALY B., TRAORE O., DAKUO D., ZOMBRE P. N., BONDE N., 2010.** Effets de la gestion des résidus de récolte sur les rendements et les bilans culturaux d'une rotation cotonnier-maïs-sorgho au Burkina Faso, *Tropicultura*, 28 (3) : 184-189.

**KRASOVA ép. WADE T., 2003.** Etude de la diversité des rhizobiums nodulant le niébé (*Vigna unguiculata* L. Walp.) au Sénégal. Thèse de Doctorat, Département de Biologie Végétale, Université Cheikh Anta Diop, Dakar, Sénégal. 131 p.

**MARECHAL R. J., MASHERPA M., STAINIER F., 1978.** Etude taxonomique d'un groupe complexe d'espèces des genres *Phaseolus* et *Vigna* (*Papilionaceae*) sur la base de données morphologique et pollinique, traitées par l'analyse informatique. *Boissiera*, 28 : 1-273.

**MARHASA, 2015.** Résultats définitifs de la campagne agricole 2014/2015 et perspectives de la situation alimentaire et nutritionnelle. Ouagadougou, Burkina Faso. 73 p.

**MEDD, 2014.** Journée Nationale du paysan (17ème édition, 2014), Document introductif à l'atelier sectoriel. Ouagadougou, Burkina Faso. 26 p.

**MIRANDA A.R.L., NUNES L.A.P. L., OLIVEIRA M.L.J., MELO W.J., ARAUJO A.S. F., 2014.** Growth and nodulation of cowpea after 5 years of consecutive composted tannery sludge amendment. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 12 (4) : 1175-1179.

**MOREAU R., 1986.** Fertilité des sols et fertilisation des cultures tropicales. Séminaire sur la Recherche Agronomique Française en Zone Intertropicale. Banque Mondiale - Washington, 15-16 mai 1986. 58 p.

**N'GBESSO M.F.D.P., FONDIO L., DIBI B.E.K., DJIDJI H.A., KOUAME N., 2013a**. Etude des composantes du rendement de six variétés améliorées de niébé [*Vigna unguiculata* (L.) Walp]. *Journal of Applied Biosciences*, 63 : 4754 – 4762.

**N'GBESSO M.F.D.P., ZOHOURI G.P., FONDIO L., DJIDJI H.A., KONATE D., 2013b.** Etude des caractéristiques de croissance et de l'état sanitaire de six variétés améliorées de niébé [*Vigna unguiculata* (L.) Walp] en zone centre de Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences*, 7 (2) : 457-467.

**NADJIAM D., TOUROUMNGAYE G., 2014.** Evaluation des performances agronomiques des variétés de niébé [*Vigna unguiculata* (L) Walp.] en zone sahélienne du Tchad, *Service Diffusion et Valorisation des Résultats de la Recherche Scientifique et Technique du CNAR*. N'Djamena, Tchad. 6 p.

**NAITORMBAIDE M., 2007.** Effets des pratiques paysannes actuelles de gestion de la fertilité sur les caractéristiques physico-chimiques et la productivité des sols de savanes du Tchad: cas de *Nguétté* I et *Gang*. Mémoire de Diplôme d'Études Approfondies (DEA), en Gestion Intégrée des Ressources Naturelles (GIRN), Institut du Développement Rural (IDR) : Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso (UPB), Burkina Faso. 106 p.

**NEBIE N.**, 1992. Etude de quelques éléments de lutte intégrée contre les punaises suceuses de gousses de niébé (*Vigna unguicula* (L.) Walp.) à la station de recherches agricoles de Kamboinsé. Mémoire d'Ingénieur du Développement Rural, Option : Agronomie, Université de Ouagadougou, Burkina Faso. 85 p.

**NEYA J.B., 2011.** Sérologie, pathogénie, épidémiologie et contrôle de la mosaïque *Cowpea aphid-borne mosaic virus* (CABMV) du niébé (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) transmise par des pucerons (*Aphis craccivora, A.gossypii*) au Burkina Faso. Thèse de Doctorat, Spécialité: Sciences Biologiques Appliquées, Université de Ouagadougou, Burkina Faso. 218 p.

**OUEDRAOGO E., HIEN E., 2015.** Effet d'un compost enrichi par des spores du clone *Trichoderma harzianum* (rifaï) sur le rendement du niébé et du maïs sous abris au Burkina Faso. *International Journal of Biological and Chemical Science,* 9 (3) : 1330-1340.

**PALLO F. J. P., ASIMI S., ASSA A., SEDOGO P. M., SAWADOGO N., 2006.** Statut de la matière organique des sols de la région sahélienne du Burkina Faso. *Etude et Gestion des Sols,* 13 (4) : 289-304.

**PASQUET R. S., BAUDOIN J-P., 1997.** Le niébé, *Vigna unguiculata* (L.) Walp. In. L'amélioration des plantes tropicales. Ed. CHARRIER A., JACQUOT M., HAMMON S., NICOLAS D., Montpellier (France), *CIRAD-ORSTOM*. pp 483-505.

**PASQUIER L., 2000.** Guide du sol « Largile et Lamotte ». ENESAD – Unité Informatique Pédagogique. 111 p.

**PNSR, 2012.** Programme National du Secteur Rural (PNSR) 2011-2015, Document de programme (version finale du 30 mai 2012). Ouagadougou, Burkina Faso. 67 p.

**RIMAN K., 2013.** Rôle, intérêt et limites des couverts végétaux sur la fertilité globale du sol. Salon L'Agriculture de Demain, Etude de la fertilité du sol – Accompagnement technique 84250, Le Thor- France. 67 p.

**SANTOS J. A., LUÍS ALFREDO PINHEIRO LEAL NUNES L. A. P. L., MELO W. J., FIGUEIREDO M. B. V., SINGH R. P., ANTÔNIO AÉCIO CARVALHO BEZERRA A; A. C., SÉRGIO FERREIRA DE ARAÚJO A. S. F.A., 2011.** Growth, nodulation and nitrogen fixation of cowpea in soils amended with composted tannery sludge. *Ci. Solo*, (35) : 1865-1871.

**SAWADOGO A., 2009.** Evaluation de la production du niébé (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) en condition de stress hydrique : contribution au phénotypage et à la sélection du niébé pour la résistance à la sécheresse. Mémoire d'Ingénieur du Développement Rural, Institut du Développement Rural (IDR), Option : Agronomie, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso (UPB), Burkina Faso. 90 p.

**SCADD, 2013.** Rapport de performances à mi-parcours 2013. Ouagadougou, Burkina Faso. 56 p.

**SCHÖL V. L., 1998.** Gérer la fertilité du sol. *Agrodock 2*, quatrième édition, Agromisa, Wageningen, Pays-Bas. 88 p.

**SCHVARTZ C., DECROUX J., MULLER J-C., 2005.** Guide de la fertilisation raisonnée : grandes cultures et prairies. France Agricole Editions.

**SEGDA Z., LOMPO F., WOPEREIS M. C. S., SEDOGO M. P., 2001.** Amélioration de la fertilité du sol par utilisation du compost en riziculture irriguée dans la vallée du Kou au Burkina Faso. *Agronomie africaine,* 13 (2) : 45-58.

**SIEMONSMA J. S., 1982.** La culture du gombo (*Abelmoschus* spp) légume-fruit tropical, avec référence spéciale à la Côte d'Ivoire. X63. 1974. pp 12-13.

**SIKUZANI U.Y., ILLUNGA G.M., MULEMBO T.M., KATOMBE B.N., LWALABA J. W., LUKANGILA M.A.B., LUBOBO A.L.K., LONGANZA L.B., 2014.** Amélioration de

la qualité des sols acides de Lubumbashi (Katanga, RD Congo) par l'application de différents niveaux de compost de fumiers de poules. *Journal of Applied Biosciences,* 77 : 6523 – 6533.

**SOMDA B.B., 2015**. Détermination des doses optimales combinées de matière organique et d'engrais minéraux appliqués en microdose sur la production du sorgho et du fonio au cours d'essais en vase de végétation. Mémoire de Diplôme d'Études Approfondies (DEA) en Gestion Intégrée des Ressources Naturelles (GIRN), Institut du Développement Rural (IDR) : Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso (UPB), Burkina Faso. 58 p.

**SOME P.P., HIEN E., TOZO K., ZOMBRE G., DIANOU N., 2014.** Effets de six composts sur les réponses physiologiques, biochimiques et agronomiques du niébé *Vigna unguiculata* L. Walp var. KVX. 61.1. au déficit hydrique. *International Journal of Biological and Chemical Science,* 8 (1) : 31-45.

**SOU S., 1998.** Etude des populations de bruches et de leurs parasitoïdes dans un agrosystème sahélien au Burkina Faso : mise en place de méthodes de lutte intégrée. Thèse de Doctorat, Spécialité: Sciences Biologiques Appliquées, Université de Ouagadougou, Burkina Faso. 153 p.

**SY O., 2001.** Synthèse des travaux sur la gestion intégrée des légumineuses et autres cultures industrielles. Institut Sénégalais de Recherche Agronomique. Dakar, Sénégal. 37 p.

**TAPSOBA H., 1991.** Effet de l'association de cultures sur les fluctuations, les densités de populations et les dégâts des insectes inféodés à l'arachide, au niébé, au sorgho et au mil. Mémoire d'Ingénieur du Développement Rural, Option : Agronomie, Institut du Développement Rural (IDR), Université de Ouagadougou (UO), Burkina Faso. 168 p.

**TRAORE O.Y.A., 2012.** Etude de la fixation symbiotique de l'azote atmosphérique par le niébé (*Vigna unguiculata* L. Walp) avec la méthode de l'abondance naturelle en $^{15}N$ sous diverses pratiques culturales dans le Centre-Ouest du Burkina Faso. Mémoire de Diplôme d'Etudes Approfondies (DEA) en Gestion Intégrée des Ressources Naturelles (GIRN), Institut du Développement Rural (IDR), Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso (UPB), Burkina Faso. 67 p.

**VALLERIE M., 1969.** Fertilité et fertilisation des sols tropicaux. Cours donné à l'Ecole Fédérale Supérieure d'Agriculture, République fédérale du Cameroun. 194 p.

**VAVILOV N. I., 1951.** The origin, variation, immunity and breeding of cultivated plants. The Chronica Botanica Co., *International Plant Science Publishers*, Waltham, Massachusetts, U. S. A. 364 p.

**VECCHIA D.A., KONE B., BAKARY D., MOUSSA L., TARCHIANI V., TIZIANA DE FILIPPIS D.T., PAGANINI M., VIGNAROL P., 2001.** Les aptitudes agricoles et pastorales des sols dans les pays du CILSS. Projet Alerte Précoce et Prévision des Productions Agricoles (AP3A). 173 p.

**WALKLEY A., BLACK J.A., 1934.** An examination method of the det jareff and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil science*, 37: 29-38.

**ZAHRAN H.H., 1999.** Rhizobium-Legume Symbiosis and Nitrogen Fixation under Severe Conditions and in an Arid Climate. *Microbiology And Molecular biology Reviews*, 63 (4): 968-989.

**ZEINABOU H., MAHAMANE S., BISMARCK N.H., BADO B.V., LOMPO F., BATIONO A., 2014.** Effet de la combinaison des fumures organo-minérales et de la rotation niébé-mil sur la nutrition azotée et les rendements du mil au sahel. *International Journal of Biological Chemical Sciences,* 8 (4): 1620-1632.

# ANNEXES

**Annexe 1 : FICHE TECHNIQUE DU NIEBE VARIETE KVx 775-33-2G**

**CARACTERISTIQUES**

**Origine** : INERA/Burkina Faso

**Cycle semis maturité** : 65 jours

**Type de plante** : semi-érigé

**Hauteur de plante** : 25-30 cm

**Photosensibilité** : non

**Couleur du grain** : blanche

**Qualité du grain** : bonne

**Vigueur à la levée** : bonne

**INSECTES**

- **Thrips des fleurs** : modérément tolérante
- **Pucerons (Aphides)** : sensible
- **Punaises suceuses de gousses** : sensible
- **Foreuses des gousses (*Maruca*)** : Très sensible

**MALADIES**

- **Chancre bactérien** : Tolérance
- **Taches brune** : Tolérance
- **Virose (CABMV)** : Tolérance
- **Striga** : Résistance

**ADAPTATION**

**Sécheresse** : tolérante

**Rendement grain potentiel** : 1500 kg/ha

**Rendement grain moyen en milieu paysan** : 800 kg/ha

**POINTS FORTS**

- Adaptation à l'association
- Bon rendement
- Tolérance aux viroses
- Résistante au Striga

**POINTS FAIBLES**

- Pourriture des gousses

**PROTECTION DE LA CULTURE AU CHAMP** (2 traitements insecticides sont utiles)

- 1er traitement : Début de formation des fleurs (35 jours après semis)
- Produits utilisables : Décis, Karaté, Cyperméthrine ou Deltatcal.
- 2ème traitement : Début de formation des gousses (15 jours après le 1er traitement)
- Produits utilisables : Diméthoate, Lamdacal en pure ou associé avec Cyperméthrine ou Deltatcal.
- Dose : 40 CC dans un pulvérisateur de 20 litres.

**RECOMMANDATIONS CULTURALES**

**Vocation culturale** : Pluviale ou irriguée à partir de fin février

**Choix du terrain :**

- Précédent cultural : céréale ou coton suivant la zone
- Type de sol : sablo-argileux, argilo-sableux ou sableux
-Type de champ : champs de brousse ou de case **Préparation du sol**
- Labour : en sol humide, en traction animale ou motorisée

**EN CULTURE PURE**

**Fumure** : 100 kg NPK/ha

**Ecartements entre lignes** : 80 cm

**Ecartements sur la ligne** : 40 cm

Semer 2 graines par poquet Dose de semences : 12 kg/ha

**Dates de semis** :

Zone de 400 à 800 mm : fin juin à mi-juillet

Zone > à 800 mm : Début août

Effectuer 2 sarclages : 2 semaines après semis et avant la floraison (environ 5 semaines après semis)

**Rendement moyen en station** : 1500 kg/ha

**ASSOCIATION AVEC LES CEREALES** : **mil ou sorgho**

- Préparation du sol, et application d'engrais, rayonnage = identique à ceux de la céréale

- Semis en interligne 4 : 2 soit 4 lignes de céréales pour 2 lignes de niébé.

**Ecartements entre lignes** : celle recommandée pour la céréale

**Ecartement sur la ligne** : Sans changement pour la céréale et 0,40 m pour le niébé. Semer 2 graines par poquet sans démariage.

**Dose de semences/ha** : 4 kg **Date de semis** :

Zone < 800 mm, semer niébé et céréale au même moment.

Zone > 800 mm, semer la céréale à sa date optimale, puis semer le niébé 21 jours après la céréale.

Sarclage : 2 semaines après semis et avant la floraison (environ 5 semaines après semis).

**Rendement moyen en station** : 400 kg/ha

**CONSERVATION APRES LA RECOLTE**

- Récolter dès maturité
- Bien sécher les gousses, battre et vanner
- Traitement écologique à l'aide de l'énergie solaire et des produits naturels (contacter INERA).
- Traiter les grains avec : 01 sachet de K'OTHRINE ou de Percal M ou d'Actellic Super pour 50 kg de grains.
- **Récipients adaptés à la conservation** : Fûts, bouteilles, sacs à double ou triple fonds imperméable ou récipients pouvant se fermer hermétiquement.

**UTILISATIONS** :

- **En alimentation humaine** :

Bouillie à l'eau seule ou en association avec céréales. Sauces graines

Cuisson à la vapeur (Gonré, couscous, faro, etc.) Fritures (Samsa, Boussan-touba, etc.)

- **En agriculture** :

Engrais vert, fixation symbiotique d'azote au sol et rotations culturales avec céréales.

Information complémentaire auprès de : INERA/Centre de Recherches Agricoles et de Formation (CREAF) de Kamboinsé

01 BP 476 Ouagadougou 01

Tél. : 50 31 92 02/08

Fax : 50 31 92 06

**Annexe 2 : Répertoire des coordonnées géographiques des parcelles des producteurs**

| Producteurs | Position de la parcelle | | Altitude |
|---|---|---|---|
| Producteur 1 | 30 P 0349195 | UTM 1215455 | 352m |
| Producteur 2 | 30 P 0349214 | UTM 1215508 | 352m |
| Producteur 3 | 30 P 0349242 | UTM 1215467 | 351m |
| Producteur 4 | 30 P 0349282 | UTM 1215231 | 347m |
| Producteur 5 | 30 P 0349073 | UTM 1214878 | 345m |
| Producteur 6 | 30 P 0349143 | UTM 1214890 | 345m |
| Producteur 7 | 30 P 0349125 | UTM 1214972 | 347m |
| Producteur 8 | 30 P 0349051 | UTM 1214952 | 348m |
| Producteur 9 | 30 P 0348871 | UTM 1214491 | 340m |
| Producteur 10 | 30 P 0349610 | UTM 1213278 | 329m |
| Producteur 11 | 30 P 0350372 | UTM 1213359 | 331m |
| Producteur 12 | 30 P 0350407 | UTM 1213377 | 332m |
| Producteur 13 | 30 P 0350467 | UTM 1213400 | 332m |
| Producteur 14 | 30 P 0350467 | UTM 1213387 | 333m |
| Producteur 15 | 30 P 0350471 | UTM 1213434 | 333m |
| Producteur 16 | 30 P 0350125 | UTM 1213984 | 341m |
| Producteur 17 | 30 P 0350555 | UTM 1214319 | 355m |
| Producteur 18 | 30 P 0349716 | UTM 1214876 | 343m |
| Producteur 19 | 30 P 0349681 | UTM 1214920 | 346m |
| Producteur 20 | 30 P 0349759 | UTM 1214940 | 344m |
| Producteur 21 | 30 P 0350411 | UTM 1216514 | 360m |
| Producteur 22 | 30 P 0350425 | UTM 1216489 | 361m |
| Producteur 23 | 30 P 0348885 | UTM 1215522 | 362m |

**Annexe 3 : Fiche de suivi des opérations culturales**

**NOM et Prénom (s) du producteur : ……**

| Opérations culturales | Dates |
|---|---|
| Application du compost | |
| Semis | |
| Application du NPK | |
| Application de l'urée | |
| Démariage à deux (02) plantes par poquet | |
| 1er sarclage | |
| 1er traitement | |
| 2ème sarclage | |
| 2ème traitement | |
| Récolte | |