

**BURKINA FASO**

*Unité – Progrès – Justice*

**MINISTÈRE DES ENSEIGNEMENTS SECONDAIRE ET  
SUPÉRIEUR (M.E.S.S.)**

**UNIVERSITÉ POLYTECHNIQUE DE BOBO-DIOULASSO (U.P.B.)**

**INSTITUT DU DEVELOPPEMENT RURAL (I.D.R.)**



**MÉMOIRE DE FIN DE CYCLE EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLÔME DE  
MASTER II EN SCIENCES DU SOL  
SPÉCIALITÉ : GESTION INTEGRÉE DE LA FERTILITÉ DU SOL (G.I.F.S.)**

**THÈME : EFFETS DES PRECEDENTS CULURAUX ET DES  
FUMURES SUR LA FERTILITÉ DU SOL ET LES  
RENDEMENTS DU RIZ PLUVIAL**

**PRESENTÉ PAR :**

BOUGMA Baomalgré Amélie

**MAÎTRE DE STAGE :** Dr TRAORÉ Karim, Agro-pédologue, Chercheur à l'IN.E.R.A.

**DIRECTEUR DE MÉMOIRE :** Dr BACYÉ Bernard, Enseignant Chercheur à l'U.P.B.

**N° D'ORDRE:** .....

**DATE DE SOUTENANCE :** Décembre 2013

# TABLE DES MATIÈRES

DÉDICACE.....	iii
REMERCIEMENTS.....	iv
RÉSUMÉ.....	v
ABSTRACT.....	vi
SIGLES ET ABBREVIATIONS.....	vii
LISTE DES TABLEAUX.....	viii
LISTE DES FIGURES.....	viii
INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE I: REVUE DE LITTÉRATURE.....	3
1.1. Généralités sur le riz.....	3
1.1.1. Origine et systématique.....	3
1.1.2. Morphologie du plant de riz.....	3
1.1.3. Physiologie du plant de riz.....	4
1.1.4. Les types de riziculture.....	5
1.1.5. La riziculture pluviale stricte.....	5
1.1.5.1. <i>Ecologie du riz pluvial strict</i> .....	5
1.1.5.2. <i>Techniques culturales du riz pluvial strict</i> .....	5
1.1.5.3. <i>Fertilisation minérale du riz pluvial strict</i> .....	6
1.1.5.4. <i>L'azote (N) et son importance pour le riz pluvial strict</i> .....	6
1.1.6. Importance de la production rizicole au Burkina Faso.....	7
1.2. Importance de la rotation culturale.....	8
1.3. Les légumineuses et leur importance dans la rotation des cultures.....	8
1.4. Fertilité et fertilisation.....	9
1.4.1. Fertilité d'un sol.....	9
1.4.2. Les amendements.....	10
1.4.3. Etat des sols au Burkina Faso.....	10
1.4.4. Fertilisation des cultures.....	10
CHAPITRE II : MATERIELS ET METHODES.....	12
2.1. Matériels.....	12
2.1.1. Site d'étude.....	12
2.1.2 Matériel végétal.....	13

2.2. Méthodes .....	14
2.2.1. Opérations culturales .....	15
2.2.2. Collecte de données .....	15
2.2.2.1 <i>Prélèvements d'échantillons de sols avant le labour</i> .....	15
2.2.2.2. <i>Prélèvement d'échantillons de sols au cours du cycle du riz</i> .....	15
2.2.2.3. <i>Prélèvement d'échantillons de plantes à la récolte</i> .....	15
2.2.2.4. <i>Préparation des échantillons et analyse de laboratoire</i> .....	16
2.2.3. Méthodes d'analyses.....	16
2.2.3.1. <i>Evaluation des rendements</i> .....	17
2.2.4. Analyses des données .....	17
CHAPITRE III: RESULTATS ET DISCUSSION .....	18
3.1. Resultats .....	18
3.1.1. Effets des précédents légumineuses et des fumures sur les caractéristiques des sols.....	18
3.1.2. Evolution des caractéristiques du sol au cours du cycle développement du riz.....	20
3.1.2.1. <i>Evolution du pH</i> .....	20
3.1.2.2. <i>Evolution de l'azote minéral</i> .....	21
3.1.2.3. <i>Evolution du phosphore assimilable</i> .....	22
3.1.3. Rendements grains et pailles du riz .....	24
3.1.4. Mobilisation de l'azote par le riz.....	26
3.2. DISCUSSION .....	28
CONCLUSION .....	31
BIBLIOGRAPHIE .....	32
ANNEXES.....	ix

## DÉDICACE

Le présent mémoire est dédié à :

- mon père BOUGMA Bila Jean Baptiste ;
- ma mère NIKIEMA Pascaline ;
- ma marâtre KONDITAMDE Rosalie ;
- mes frères et sœurs.

Puissent-ils être honorés à travers cette œuvre et gratifiés pour l'amour dont ils m'ont comblée.

A tous je vous l'offre comme prémices de vos œuvres en moi.

## REMERCIEMENTS

Aux termes du présent stage qui a eu lieu au programme G.R.N./S.P. (Gestions des Ressources Naturelles/Systèmes de Production) de l'Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (IN.E.R.A.) de l'Ouest, nous tenons à exprimer notre reconnaissance et nos sincères remerciements :

- à la Présidence de l'Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso (U.P.B.) ;
- à la Direction de l'Institut du Développement Rural (I.D.R.) ;
- au corps professoral de l'Institut du Développement Rural (I.D.R.) pour la qualité de l'enseignement reçu et le dévouement à la cause du monde rural ;
- au Docteur Jacob SANOU, en charge de la Direction Régionale de Recherches Environnementales et Agricoles (D.R.R.E.A.) de l'Ouest pour nous avoir accueilli à Farako-Bâ ;
- au Professeur Georges Anicet OUEDRAOGO, Président de l'Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso (U.P.B.) pour son soutien inestimable ;
- au Professeur Hassan Bismarck NACRO, enseignant chercheur, vice-président de l'U.P.B., pour la qualité de la formation ;
- au Docteur Bernard BACYE, coordonnateur du Master II en Gestion Intégrée de la Fertilité des Sols (G.I.F.S.), notre directeur de mémoire, pour sa disponibilité et tous les efforts consentis pendant la tutelle scientifique de ce travail ;
- au docteur Karim TRAORE, agro-pédologue, chercheur à l'IN.E.R.A., notre maître de stage qui a sans ménagement déployé des efforts pour la réalisation de cette étude ;
- à M. Amoro OUATTARA, chef du laboratoire Sol-Plante-Eau de Farako-Bâ et toute son équipe pour leurs appuis techniques ;
- à nos camarades Edouard NONGUIERMA, Adama TRAORE, Aziz DA, Abdramane SANON et Pascal BAZONGO pour leurs soutiens multiformes ;
- à la famille OUEDRAOGO à Bobo pour son accueil et son affection ;
- à mes grands-parents pour leurs bénédictions et leurs perpétuels encouragements ;
- à mes tantes Hélène NIEBE, Félicité COULIBALY, Germaine COMPAORE et Abibata SOUDRE pour leurs conseils ;
- à mes frères et sœurs pour leurs précieux soutiens manifestés tout au long des études ;
- à mon cousin Larba Ousmane OUEDRAOGO, pour ses précieux conseils ;
- à ma cousine Léa BAKO pour son assistance permanente ;
- à tous les stagiaires pour le travail cordial.

A tous ceux dont les noms n'ont pu être cités, qu'ils sachent qu'ils ont notre gratitude profonde.

## **RÉSUMÉ**

Au Burkina Faso, la production du riz occupe une place importante. Afin d'optimiser la production du riz pluvial, des rotations à base de légumineuses et des formules de fumures ont été testées dans une expérimentation à Farako-Bâ. L'objectif global est d'étudier les effets des précédents culturaux et des fumures sur la fertilité du sol et les rendements du riz pluvial strict. Le dispositif expérimental est un split plot à trois répétitions où sont comparées rotations et fumures. Les traitements principaux sont les trois (03) rotations : arachide-riz, niébé-riz et riz-riz. Les traitements secondaires sont les cinq (05) niveaux de fumures comparés à un témoin sans apport : NPK+Urée ; BP ; BP+Compost ; BP+Urée ; BP+Compost +Urée. Des prélèvements de sols et d'organes végétaux ont été réalisés pour en analyser des caractéristiques chimiques ( pH, azote, phosphore) et les rendements grains du riz ont été évalués.

Les résultats ont montré que les rotations légumineuses amélioraient les teneurs en phosphore total du sol. La fumure à base de BP+compost+urée améliorait le statut organique du sol. Le suivi de l'évolution des paramètres pH, azote minéral et phosphore assimilable au cours du cycle cultural du riz a montré des variations en fonction des rotations et des types de fumures.

La rotation niébé-riz a donné les meilleurs résultats en termes de mobilisation d'azote et de rendements grains. La fumure BP+Compost+ Urée a permis une meilleure assimilation d'azote et obtention de rendements grain.

La rotation niébé-riz et la fumure BP+Compost+urée permettent une meilleure productivité du riz pluvial strict.

**Mots-clés :** riz pluvial, rotations, légumineuses, fumures, fertilité du sol, rendements, Burkina Faso.

## **ABSTRACT**

Rice is a staple food in Burkina Faso. In order to improve upland rice yields the experiment based on comparisons of crop rotations and fertilizers types was tested in Farako-bâ station. Our general objective was to estimate the effects of preceding leguminous crops and fertilizers types on soil fertility and upland rice yields. A split-plot design divides into three (03) blocks was set in order to compare crop rotations as main factor and fertilizer types as within-subjects factor. The main factor has three (03) levels assigning one of the following crop rotations: cowpea-rice or groundnut-rice or rice-rice. Within-subjects factor contained a control treatment and has five (05) levels compounded with those different fertilizers: NPK & Urea or BP or BP & Compost or BP & Urea or BP & Compost & Urea.

Soil and plant sampling was done for analysis and interpretations and the upland rice yields were estimated.

The leguminous crop rotations increased the soil phosphate reserves. The Fertilizer compounds with BP & Compost & Urea improved the organic properties of soil. In soil testing pH, nitrogen and the available phosphorus ratings showed variations according to the crop rotations and the fertilizer types.

The highest yields and the best results in plants fertilizer requirements are provided with the crop rotation cowpea-rice and the compound fertilizer BP & Compost & Urea.

**Keywords:** upland rice, crop rotations, leguminous crops, fertilizers, fertility, yields, Burkina Faso

## **SIGLES ET ABREVIATIONS**

<b>A.D.R.A.O.</b>	: Association pour le Développement de la Riziculture en Afrique de l'Ouest
<b>BP</b>	: Burkina Phosphate
<b>C.E.C</b>	: Capacité d'Echange Cationique
<b>D.G.P.E.R.</b>	: Direction Générale de la Promotion de l'Economie Rurale
<b>D.P.S.A.A.</b>	: Direction de la Prospective et des Statistiques Agricoles et Alimentaires
<b>F.A.O.</b>	: Food and Agriculture Organization
<b>G.R.N./S.P.</b>	: Gestions des Ressources Naturelles/Systèmes de Production
<b>I.D.R.</b>	: Institut du Développement Rural
<b>IN.E.R.A.</b>	: INstitut de l'Environnement et de Recherches Agricoles
<b>J.A.S.</b>	: Jours Après Semis
<b>P.I.B.</b>	: Produit Intérieur Brut
<b>S.E.P.</b>	: Sol - Eau - Plante



## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Caractéristiques du sol de la parcelle expérimentale. Farako-Bâ 2012.....	13
Tableau 2 : Caractéristiques de la variété FKR 45 N .....	13
Tableau 3 : Les rotations étudiées .....	14
Tableau 4 : Les fumures étudiées .....	14
Tableau 5 : Propriétés chimiques des sols avant le labour .....	19

## LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Le Plant de riz (D'après LACHARME, 2001) .....	3
Figure 2 : Evolution des superficies et de la production de riz au Burkina Faso (2000 à 2010).....	8
Figure 3 : Pluviométrie mensuelle de Farako-Bâ en 2013 et moyenne 2002 – 2012.....	12
Figure 4 : Evolution du $pH_{eau}$ selon les rotations pendant le cycle de développement .....	20
Figure 5 : Evolution du $pH_{eau}$ en fonction des fumures et au cours du cycle de développement..	21
Figure 6 : Evolution de l'azote minéral (mg/kg) en fonction des rotations au cours du cycle de culture .....	21
Figure 7 : Evolution de l'azote minéral (mg/kg) en fonction des fumures .....	22
<b>Figure 8</b> : Evolution du phosphore assimilable en fonction des rotations au cours du cycle de développement du riz. ....	23
Figure 9 : Evolution des teneurs en phosphore assimilable (mg/kg) en fonction des fumures .....	23
Figure 10 : Rendements grains en fonction des rotations (kg/ha) .....	24
Figure 11 : Rendements paille en fonction des rotations (kg/ha).....	25
Figure 12 : Rendements grains en fonction des fumures (kg/ha).....	26
Figure 13 : le rendement paille en fonction des fumures .....	26
Figure 14 : Mobilisation en azote par le dans les rotations .....	27
Figure 15 : Mobilisation en azote du riz en fonction des fumures .....	28

## INTRODUCTION

Au Burkina Faso la production agricole occupe environ 80% de la population avec une contribution au Produit Intérieur Brut (PIB) de près de 40% (FAO, 2011). De façon générale, l'agriculture burkinabè est dominée par production céréalière parmi laquelle le riz qui joue un rôle important dans l'économie et l'alimentation.

Le riz constitue la première céréale d'importation du pays et la quatrième production céréalière après le maïs, le sorgho et le mil (DGPER, 2010). En effet, la consommation annuelle par habitant est passée de 14,8 kg en 1992 à 24 kg en 2010 (augmentation d'environ 40%) et les besoins en riz du pays sont estimés à 400 000 tonnes alors que la production nationale n'est que d'environ 270 658 tonnes de riz paddy (DGPER/DPSAA, 2012). L'augmentation de la production rizicole constitue donc un enjeu stratégique dans la politique nationale de sécurité alimentaire (GUISSOU et ILBOUDO, 2012).

Pour l'accroissement de la production rizicole, l'Etat a entrepris des actions multiformes dans le secteur en particulier depuis la crise alimentaire de 2008. Au nombre de ces actions on peut citer, les aménagements hydro-agricoles pour la riziculture irriguée, les aménagements de bas-fonds et la promotion de la riziculture pluviale à travers l'octroi de semences améliorées et de subventions en engrais aux producteurs. Ainsi les superficies en riz ont évolué de 30000 à 140000 ha entre 2000 et 2010.

Malgré ces investissements, la production du riz pluvial est restée en deçà des attentes avec des rendements faibles (DGPER, 2009). Cette situation s'expliquerait par la fertilité médiocre des sols. En effet, la plus grande proportion des sols au Burkina Faso est de types ferrugineux tropicaux caractérisés par une mauvaise stabilité structurale, une faible teneur en colloïdes notamment en matière organique (moins de 1%) et une carence en éléments nutritifs notamment en phosphore et en azote, entraînant ainsi de faibles rendements des cultures (PIERI, 1989).

Face à cette situation, il est indispensable de développer des techniques de fertilisation permettant d'augmenter les rendements tout en améliorant la fertilité des sols à long terme.

Des études ont montré que l'application de la fumure organo-minérale permettait d'accroître les rendements des cultures (SEDOGO, 1981 et 1993 ; PIERI, 1989 ; BATIONO et MOKWUNYE, 1991 ; BADO et *al.*, 1997). Il en est de même de la pratique de la rotation des cultures qui pouvait permettre d'améliorer les rendements et les propriétés des sols (HOSHIKAWA, 1990 ; SMITH et *al.*, 2008). Selon Bado (2002), les rotations comportant des

légumineuses améliorent la nutrition azotée et les rendements en augmentant l'azote disponible dans le sol et le recouvrement de l'azote apporté par l'engrais.

C'est dans ce contexte que la présente étude intitulée « effets des rotations à base de légumineuses et des fumures sur la fertilité du sol et les rendements du riz pluvial » a été initiée.

L'objectif global est de contribuer à améliorer la fertilité du sol et le rendement du riz pluvial par le développement des systèmes de production durables. De façon plus spécifique il s'agit de :

- évaluer les effets combinés de précédents de légumineuses et de fumures sur la fertilité du sol et le rendement du riz pluvial ;
- suivre l'évolution de certaines caractéristiques du sol au cours du cycle de développement du riz

Le présent mémoire est organisé en trois chapitres. Le chapitre 1 traite la synthèse bibliographique, le chapitre 2 situe le cadre d'étude et les matériels et méthodes de l'étude et le chapitre 3 est consacré aux résultats et discussion.

# CHAPITRE I: REVUE DE LITTERATURE

## 1.1. Généralités sur le riz

### 1.1.1. Origine et systématique

Le riz est une Poacée annuelle (ANGLADETTE, 1966). C'est une graminée du genre *Oryza*. Le genre *Oryza* L., de la tribu des Oryzées comprend une vingtaine d'espèces dont deux seulement sont cultivées : *Oryza sativa* L., originaire d'Asie et *Oryza glaberrima* STEUD., originaire du delta central du fleuve Niger en Afrique de l'Ouest. Les deux espèces sont diploïdes  $2n = 24$  (ARRAUDEAU, 1998), autogames et elles dériveraient d'une forme ancestrale commune (CHANG, 1976 cité par NACRO, 1994).

L'espèce africaine *Oryza glaberrima* STEUD. est issue d'*O. breviligulata*, elle-même venant de l'espèce pérenne à rhizome *O. longistaminata*. Le riz asiatique *Oryza sativa* L., issu d'*O. rufipogon* présente deux sous-espèces qui sont *indica* et *japonica* (LACHARME, 2001).

### 1.1.2. Morphologie du plant de riz

Le plant de riz comporte des organes végétatifs et des organes reproducteurs (Fig. 1).

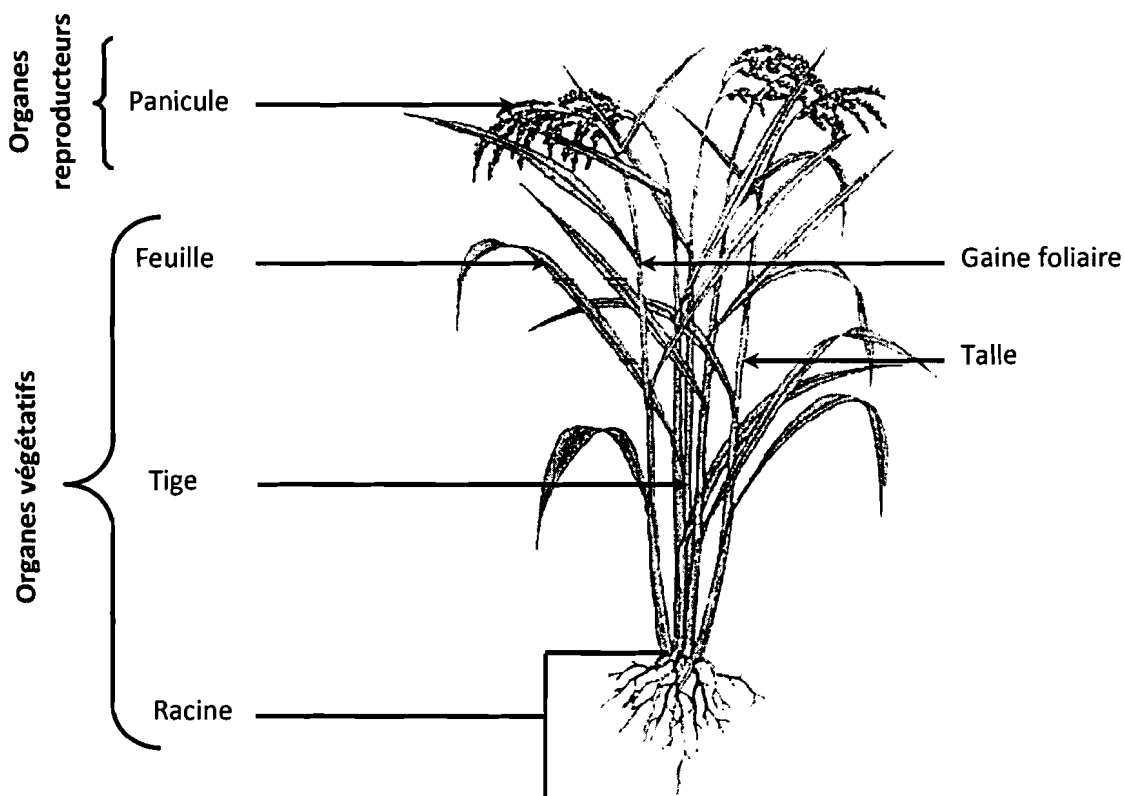


Figure 1 : Le Plant de riz (D'après LACHARME, 2001)

- Les organes végétatifs comprennent les racines, la tige et les feuilles.
- ✓ Les racines : le système racinaire du riz est fasciculé. Il comporte une racine primaire, se ramifiant en début de croissance en racines séminales éphémères. Au cours de la croissance de la plante, des racines secondaires avec de nombreux poils absorbants apparaissent sur les nœuds basaux et peuvent se développer sur les nœuds supérieurs de la tige formant de véritables racines adventives.
- ✓ La tige : la tige, ronde, molle et creuse est constituée de nœuds et d'entre- nœuds donnant des tiges secondaires, puis tertiaires, etc. L'ensemble de ces tiges forme le tallage du riz. L'allongement maximal de la tige est atteint au moment de la floraison à la formation de la panicule en son extrémité.
- ✓ Les feuilles : les feuilles de riz sont sessiles et plates. Elles ont 30 cm à 1 m de long sur 8 à 15 mm de large suivant les variétés. La dernière feuille avant la panicule s'appelle feuille paniculaire.
- Les organes reproducteurs comportent l'inflorescence et le fruit.
- ✓ L'inflorescence: elle est en forme de panicule et est portée par le dernier entre-nœud du chaume. Elle se compose d'une base ou cou paniculaire, d'un axe portant des branches primaires et secondaires avec des pédicelles et des épillets.
- Le fruit : le fruit ou le riz paddy est un caryopse enveloppé par deux glumelles.

### **1.1.3. Physiologie du plant de riz**

Le cycle végétatif du riz varie en fonction des variétés, des conditions climatiques, des pratiques culturales. Il comprend trois (3) phases :

- la phase végétative qui commence par la germination, en passant par le développement de la plantule, la formation des talles ou tallage et l'élongation des chaumes ;
- la phase reproductrice qui commence avec l'initiation paniculaire (ébauche de la panicule), puis la montaison (développement de la panicule), l'épiaison (exsertion de la feuille paniculaire) et enfin floraison qui se termine par la pollinisation et la fécondation (ADRAO, 1995) ;
- la phase de maturation où le grain passe des stades laiteux, pâteux à la maturité définitive.

#### **1.1.4. Les types de riziculture**

Le riz peut pousser dans des conditions écologiques et climatiques diversifiées. Les modes de culture sont : la riziculture irriguée avec maîtrise de l'eau, la riziculture de bas-fond, la riziculture en immersion profonde dans l'eau et la riziculture pluviale stricte alimentée exclusivement par les eaux de pluies et prépondérante en Afrique de l'Ouest.

Au Burkina Faso, les trois types suivants de riziculture sont pratiqués et selon la D.G.P.E.R. (2009) :

- la riziculture de bas-fond occupe 70% des superficies rizicoles et 43% de la production nationale ;
- la riziculture irriguée couvre 21% des superficies rizicoles et 52% de la production nationale ;
- la riziculture pluviale occupe 9% des superficies rizicoles et 5% de la production nationale.

#### **1.1.5. La riziculture pluviale stricte**

##### ***1.1.5.1. Ecologie du riz pluvial strict***

Le riz pluvial strict est sensible aux températures extrêmes. La température optimale requise pour une bonne végétation du riz est comprise entre 30°C et 35°C. Le zéro de végétation se situe entre 10°C et 13°C.

Les besoins en eau du riz sont fonction des stades phénologiques et des conditions édaphiques. Ils se situent entre 800 et 1000 mm d'eau en riziculture pluviale stricte (ARRAUDEAU, 1998).

L'ensoleillement constitue un facteur important dans la production rizicole ; en effet, le riz est une plante de jours courts requérant un minimum de 400 heures d'ensoleillement.

Les sols qui conviennent au riz pluvial strict sont les sols riches et meubles avec une bonne capacité au champ. Le pH optimum est de 6 à 7 (MEMENTO DE L'AGRONOME, 1991).

##### ***1.1.5.2. Techniques culturales du riz pluvial strict***

La culture du riz pluvial strict nécessite un labour profond de 20 à 25 cm suivi d'un hersage. Le semis est réalisé en lignes continues ou en poquets en raison de 80 kg.ha<sup>-1</sup> de semences et aux densités recommandées de 20 cm x 20 cm ou 20 cm x 25 cm.

Les quantités fertilisantes nécessaires pour une bonne récolte du riz pluvial sont en moyenne de 57 kg.ha<sup>-1</sup> N, 60 kg.ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et 30 kg.ha<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O (BADO, 2002). Toutefois, pour soutenir durablement la production, un apport de matière organique est souhaitable ; en effet, selon BERGER *et al.* (1987), la matière organique, principal réservoir d'éléments nutritifs pour les

plantes subit une perte minimum de 2% par an, soit 640 kg/ha. Le taux de matière organique déjà faible pour les sols ferrugineux tropicaux se trouve donc en baisse constante. Cette minéralisation doit être systématiquement compensée par un apport de matière organique d'environ 2 tonnes de fumier à 30% (matière sèche) par hectare et par an.

Les entretiens durant le cycle du riz consiste aux sarclages (2 à 3 sarclages recommandés) et aux traitements phytosanitaires contre les maladies et les insectes.

La récolte se fait en fonction des zones agro climatiques et des variétés ; elle survient lorsque la majorité des panicules ont leur axe principal sec sur un tiers de la longueur (MEMENTO DE L'AGRONOME, 1991). Les opérations à la récolte consistent en la coupe, au séchage, au battage et au nettoyage.

#### **1.1.5.3. Fertilisation minérale du riz pluvial strict**

Pour se développer, le plant de riz a besoin de trois (03) catégories d'éléments nutritifs (ARRAUDEAU, 1998) à savoir :

- ✓ les éléments majeurs ou macroéléments dont les principaux sont le carbone (C), l'hydrogène (H), l'oxygène (O) fournis par l'atmosphère et les éléments nutritifs qui sont l'azote (N), le phosphore (P) et le potassium (K) ;
- ✓ les éléments mineurs ou secondaires (Mg, Ca, S) ;
- ✓ les oligo-éléments (Si, Fe, Zn, Al, Cu, Mn, Mo, Co, etc.).

D'après SEGDA (2002), les exigences du riz en éléments nutritifs dépendent de ses différentes phases de croissance et de développement.

#### **1.1.5.4. L'azote (N) et son importance pour le riz pluvial strict**

L'azote, constituant de la chlorophylle de la plante lui confère de la verdure ; il contribue à l'élaboration des nucléotides et des protéines (EPSTEIN, 1972 cité par BADO, 2002). Cet élément est également responsable de l'augmentation du nombre de talles, de la croissance en hauteur, de l'augmentation de la surface foliaire, de la formation d'épillets fertiles par panicule et la teneur en protéines des grains (ADRAO, 1995 ; SIBOMONA, 1999).

L'azote est absorbé sous forme d'anion  $\text{NO}_3^-$  en riziculture pluviale (ADRAO, 1995). L'absorption de cet élément varie en fonction des conditions climatiques, de sa teneur dans le sol et des doses d'apport. La teneur en azote du plant de riz augmente avec la croissance jusqu'à atteindre une valeur maximum, puis décroît en fin de cycle (ARRAUDEAU, 1998). Avant le début du tallage, les plantes de riz absorbent du sol à peu près 25% de l'azote et du repiquage jusqu'au début de l'épiaison, le riz aurait consommé près de 90 % de l'azote

Une des sources d'azote beaucoup employée au Burkina Faso est l'urée en raison de sa teneur élevée en azote (46% N) ; des études sur l'urée menées par plusieurs auteurs ont montré son efficacité en riziculture (OUEDRAOGO, 1984 ; ARRAUDEAU, 1998 ; TASOPBA, 1997).

La fumure azotée doit être apportée toujours après désherbage (SEGDA, 2002). On recommande un apport fractionné de la dose d'azote : une première application faite au semis ou après le repiquage pour favoriser un tallage maximum et une deuxième application peu avant ou à l'initiation paniculaire pour favoriser la formation d'un nombre maximal de panicules et de grains (SEGDA, 2002). Les études menées par ANGLADETTE (1966) sur la fertilisation azotée du riz ont également montré qu'en général, les meilleurs rendements sont obtenus par un fractionnement des apports d'azote et son enfouissement en profondeur.

Selon ARRAUDEAU (1998), le début de la phase de tallage et celle de l'initiation paniculaire sont les meilleures périodes d'application de l'azote. Une application d'engrais azotés après la floraison risque d'augmenter la stérilité des épillets et de conduire à la production de talles tardives et improductives.

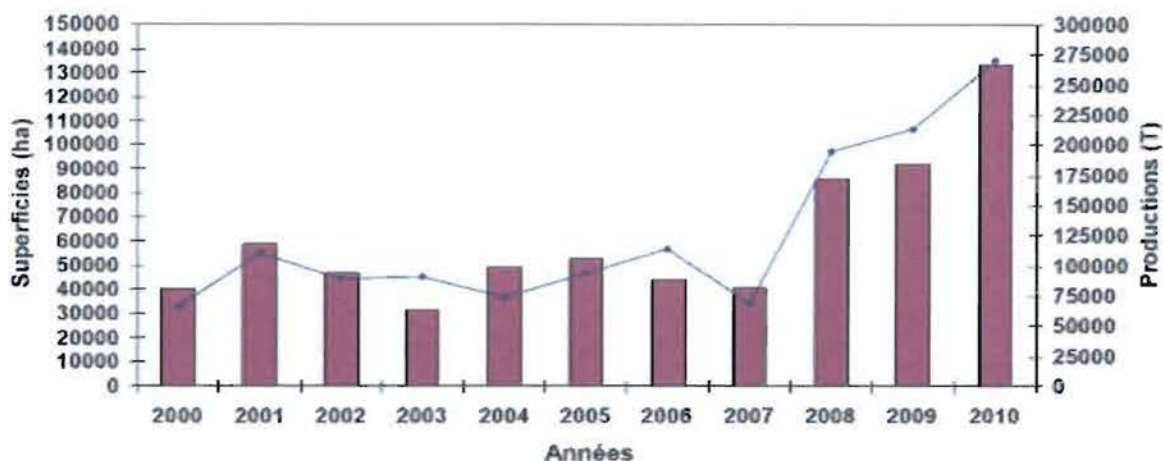
L'excès d'azote augmente sa teneur dans les organes végétatifs du riz, favorisant la prise de nourriture et la fécondité des insectes comme *Orselia oryzivora* (NACRO, 1994) et le développement d'autres parasitoïdes.

La carence en azote entraîne un rabougrissement, une limitation du nombre de talles et des jaunissements de feuilles (ADRAO, 1995). Selon ANGLADETTE (1966), le seuil de carence en azote dans la feuille paniculaire se situerait à moins de 0,25 % de matière sèche.

#### **1.1.6. Importance de la production rizicole au Burkina Faso**

La riziculture s'est développée au Burkina Faso autour des années 1960 ; la production a été soutenue par l'Etat jusqu'en 1990 où Celui-ci s'est désengagé au profit des sociétés privées. Face à la mondialisation et suite à la crise alimentaire de 2008, le secteur rizicole a pu de nouveau bénéficier des appuis de l'Etat, permettant ainsi l'évolution des superficies et de la production nationale (Fig. 2).





**Figure 2 :** Evolution des superficies et de la production de riz au Burkina Faso (2000 à 2010)

Source : KABORE et *al.*, 2011

La place du riz ne cesse de croître dans la balance commerciale du pays et l'accroissement de la production nationale de riz s'impose comme une des nécessités incontournables à la survie économique du Burkina Faso (SEGDA, 2002).

### 1.2. Importance de la rotation culturale

La rotation culturale est la succession ordonnée et cyclique des cultures sur la même parcelle. Elle se fait suivant l'alternance des familles de plantes ou en fonction des périodes de cultures. La rotation des cultures présente des intérêts agronomiques (amélioration de la fertilité des sols, lutte contre les ennemis naturels et les adventices...), des intérêts environnementaux (diminution de l'impact de l'agriculture sur le sol, équilibre de la biodiversité...) et des intérêts socio-économiques (diminution de l'utilisation d'intrants, sécurisation économique par la diversification...).

Les travaux sur la rotation des cultures réalisés par SMITH et *al.* (2008) ont montré de faibles écarts entre les rendements obtenus en rotation sans engrais, ni pesticides et ceux obtenus en monoculture conventionnelle. HOSHIKAWA (1990) attribue l'amélioration des propriétés physiques, chimiques et biologiques des sols à l'effet bénéfique des rotations.

### 1.3. Les légumineuses et leur importance dans la rotation des cultures

Les légumineuses sont des plantes comportant des nodosités (renflements) sur leurs racines ; ces nodosités contiennent des bactéries symbiotiques du genre *Rhizobium* capables de transformer l'azote atmosphérique non assimilable en nitrates pouvant être absorbés par les

végétaux. Les légumineuses sont importantes dans la fertilisation azotée car constituant la principale entrée d'azote dans les écosystèmes terrestres.

Grâce à la fixation symbiotique de l'azote atmosphérique, les légumineuses tropicales telles que le niébé (*Vigna unguiculata*) et l'arachide (*Arachis hypogaea*) peuvent contribuer à l'amélioration de la nutrition azotée des plantes subséquentes dans la rotation.

Au Burkina Faso, les résultats de BADO (2002) ont montré que le niébé et l'arachide permettaient l'augmentation des rendements des cultures suivantes dans la rotation.

## **1.4. Fertilité et fertilisation**

### **1.4.1. Fertilité d'un sol**

La fertilité d'un sol est l'aptitude de ce sol à produire, en d'autres termes son potentiel de production (PIERI, 1989). Cette notion de fertilité du sol fait appel à trois types de fertilités, à savoir la fertilité chimique, physique et biologique.

✓ La fertilité chimique : la fertilité chimique peut être considérée comme étant le bon fonctionnement des mécanismes de fixation et d'échange des substances nutritives (N, P, K...) entre la phase solide et liquide d'une part et entre le sol et la plante d'autre part. Selon PIERI (1989) l'importance des réserves utilisables et leur passage sous forme assimilable déterminent la capacité d'un sol à se maintenir chimiquement fertile ou au contraire à s'épuiser rapidement.

✓ La fertilité physique : la fertilité physique d'un sol est matérialisée par l'ensemble de ses propriétés physiques qui sont : la texture, la structure, la porosité et la capacité de rétention en eau. Cette fertilité dépend de la topographie, de la profondeur, de la disposition des horizons du sol et de sa texture (SOLTNER, 1990). Un sol physiquement riche est friable, poreux et aéré avec environ 60% de matières solides et 40% du volume réservé à l'eau et à l'air. Le devenir de la fertilité est influencé par l'évolution des caractéristiques physiques des sols sous cultures. L'agressivité des pluies et la faiblesse de la quantité du complexe argilo-humique entraînent une dégradation rapide de la fertilité physique au Sahel (PIERI, 1989).

- La fertilité biologique : la fertilité biologique d'un sol résulte de l'activité de plusieurs groupes d'êtres vivants dans le sol (vers, termites, acariens, collembolles, bactéries, champignons...). L'activité biologique est un facteur très important qui intervient dans la fertilité des sols. Pour VILAIN (1993) les activités microbiennes sont très nombreuses et peuvent consister à la transformation des matières organiques, à la biosynthèse de l'humus, aux actions spécifiques comme la fixation biologique de l'azote, la dénitrification, aux actions

diverses (modifications du pH, rôle sur la structure du sol ...). Ces activités microbiennes ont une influence sur la fertilité chimique et physique du sol.

#### **1.4.2. Les amendements**

Les amendements sont des substances incorporées généralement en grande quantité aux sols pour améliorer leur qualité physique (structure), chimique (acidité) et biologique (humus). Les amendements contiennent aussi souvent des quantités non négligeables d'éléments nutritifs et sont parfois assimilés à des engrais.

#### **1.4.3. Etat des sols au Burkina Faso**

Les terres arables au Burkina Faso occupent 17,7% de la superficie totale du pays (Banque Mondiale, 2008) ; ces sols sont caractérisés par leur pauvreté minérale. La teneur en azote totale est inférieure à 0,06% pour 71% des sols ; près de 93% des sols présentent une teneur en phosphore assimilable inférieure à 30 mg/kg. La teneur en potassium échangeable est également très faible. D'après une étude conjointe du P.N.U.D.-F.A.O. (2008) la teneur en matière organique des sols est inférieure à 1% pour 55% des sols étudiés, de 1 à 2% pour 29% des sols et supérieure à 2% pour seulement 16% des sols. Environ 10% des sols ont leur pH inférieur à 5 ; 60% l'ont entre 5-6 et pour 30% il se situe au delà de 6.

#### **1.4.4. Fertilisation des cultures**

Selon FALISSE et LAMBERT (1994), la fertilisation est un ensemble de pratiques culturales coordonnées ayant pour objectif d'assurer aux plantes cultivées une alimentation correcte. Pour se développer, la plante a besoin de trois (03) catégories d'éléments nutritifs à savoir les éléments majeurs ou macroéléments, les éléments secondaires et les oligo-éléments.

Les éléments nutritifs majeurs pour la croissance et le développement des plantes sont :

- **l'azote (N)** : c'est un constituant des protéines végétales et de la chlorophylle. En contribuant à la production de la chlorophylle, l'azote est le stimulant principal de la croissance des végétaux. Il constitue avec le carbone, l'aliment de base des plantes (CEDRA, 1997). L'azote est absorbé par les plantes essentiellement sous forme d'anion ( $\text{NO}_3^-$ ) et de cation ( $\text{NH}_4^+$ ). Les nitrates constituent la forme essentielle de l'alimentation azotée des plantes. Les ions azotés résultent de la minéralisation d'éléments organiques (humus, déjections animales...) ou de l'apport d'engrais minéraux azotés (urée, sulfates d'ammoniaques...) Les nitrates sont très solubles dans l'eau et peuvent être facilement

entraînés en profondeur par flux successifs d'eau. En raison de la mobilité de l'ion nitrique dans le sol, il est nécessaire de fractionner les apports d'azote pour assurer une nutrition optimale de la plante.

- **le phosphore (P)** : le phosphore est un élément constituant de la matière vivante. Il intervient notamment dans le fonctionnement physiologique des plantes (respiration, photosynthèse), dans les processus de croissance et de précocité ainsi que dans la résistance aux maladies (CEDRA, 1997). Le phosphore joue un double rôle de véhicule et de moteur dans la photosynthèse ; facteur de croissance, il favorise le développement racinaire. Le phosphore joue un rôle essentiel dans la fécondation et la mise à fruit. Il est essentiellement absorbé sous forme d'ions  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  ou  $\text{HPO}_4^-$ .

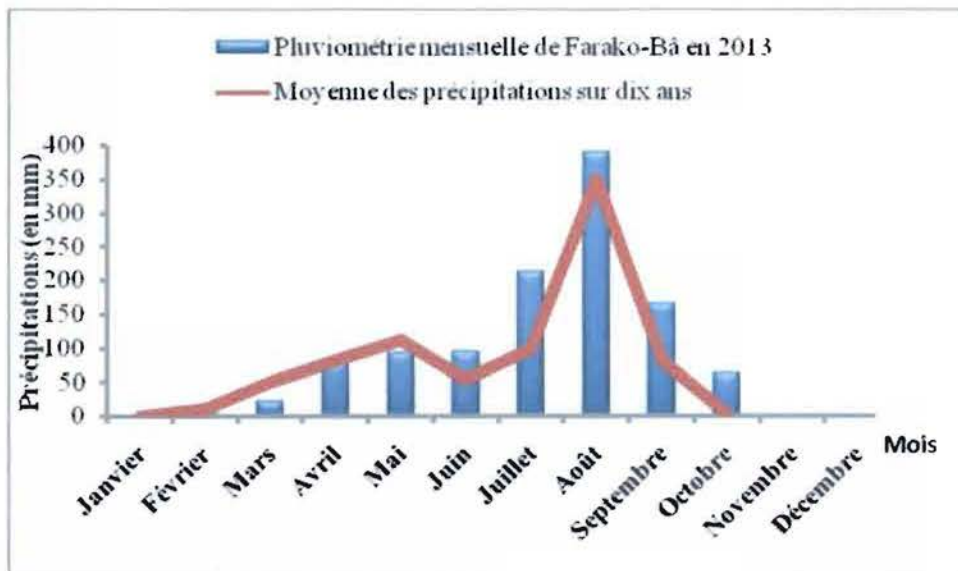
- **le potassium (K)** : il favorise la synthèse et le stockage des glucides, réduit la transpiration et participe à la formation des protéines. Il intervient comme régulateur de fonctions dans l'assimilation chlorophyllienne. Il permet une grande rigidité (contre la verse des céréales), accroît la résistance des plantes aux maladies cryptogamiques. C'est donc un élément d'équilibre, de santé et de qualité. Il est absorbé sous forme ionique  $\text{K}^+$ .

## CHAPITRE II : MATERIELS ET METHODES

### 2.1. Matériels

#### 2.1.1. Site d'étude

Les travaux ont été conduits en 2013 à la station de recherche de Farako-Bâ située à 10 km de Bobo-Dioulasso, dans la zone Ouest du Burkina Faso. Les coordonnées géographiques du site sont : 11°06 latitude nord, 4°20 longitude ouest et 405 m d'altitude. Le climat de la zone est du type sud-soudanien (GUINKO, 1984) avec une température moyenne annuelle de 25°C. La zone est caractérisée par l'alternance d'une saison pluvieuse et d'une saison sèche. La pluviométrie moyenne annuelle enregistrée au cours de la campagne 2013-2014 a été de 1127,29 mm.



**Figure 3 :** Pluviométrie mensuelle de Farako-Bâ en 2013 et moyenne 2002 – 2012

Les sols de Farako-Bâ sont en majorité de type ferrugineux tropical ; ils sont pauvres en argile (7,8%) et en matière organique (0,8%), ce qui explique leur faible capacité d'échange cationique - C.E.C. (BAKOUAN, 2007). Selon BADO (2002), ce sont des sols, à texture sableuse à sablo-limoneuse, légèrement acides et pauvres en azote et en phosphore. Le tableau 1 donne les caractéristiques du sol avant la mise en place de l'essai.

**Tableau 1** : Caractéristiques du sol de la parcelle expérimentale. Farako-Bâ 2012

Éléments analysés	Teneurs dans les Horizons du sol	
	0 - 20 cm	20 – 40 cm
M.O. (%)	0,57	0,48
Carbone (%)	0,33	0,28
N (%)	0,03	0,03
C/N	10,38	10,07
P total mg/kg	103,30	83,30
P assimilable mg/kg	4,69	0,78
pH (eau)	5,68	5,32
pH (KCl)	4,37	3,95

Les caractéristiques du sol sont identiques à ceux rapportés par BADO (2002) pour le site. Le sol est acide et pauvre en éléments nutritifs ; l'apport de matière organique, de source de phosphore et d'azote est indispensable pour une bonne productivité des cultures sur ce sol.

### 2.1.2 Matériel végétal

Le riz pluvial strict (variété FKR 45 N) a été utilisé comme matériel végétal et en culture subséquente aux légumineuses niébé et arachide dans notre expérimentation. Le tableau 2 donne les caractéristiques de la variété FKR 45 N.

**Tableau 2** : Caractéristiques de la variété FKR 45 N

Caractéristiques	Variété FKR 45 N
Hauteur de la plante (cm)	115
Cycle semis-maturité (JAS)	95
Tallage	Moyen
Poids de 1000 grains (g)	34,3
Résistance à la pyriculariose	Assez bonne
Réponse à l'azote	Bonne
Rendement moyen (tonne/ha)	3 – 4
Aire d'adaptation : pluviométrie	≥ 800 mm

Source : CNRST, 2005

## 2.2. Méthodes

Le dispositif de l'essai est un split-plot à trois répétitions comportant trois (03) traitements principaux et six (06) traitements secondaires. Les traitements principaux correspondent aux différentes rotations et les traitements secondaires aux niveaux de fumures.

L'expérimentation a été mise en place depuis 2011 dans le cadre d'une étude sur 3 années (Annexe 1) pour évaluer la "contribution en azote des légumineuses, à la fertilité des sols et aux rendements de cultures à base de coton, maïs et riz pluvial strict".

Notre travail a porté sur les trois types de rotations (arachide-riz, niébé-riz, riz-riz,) qui avaient le riz pluvial comme culture cette année avec comme précédents les légumineuses et le riz (Tableau 3).

Les traitements de fumures appliquées chaque année à chaque culture sont présentés dans le tableau 4. Les fumures minérales sont appliquées aux doses recommandées qui sont :

- pour les engrais minéraux que sont le NPK (14N - 18P2O5 - 18K2O + 6S + 1B) à raison de 200 kg/ha et l'urée (46% N) à la dose de 100 kg/ha;
- les amendements minéraux et organiques que sont le Burkina Phosphate - BP appliqué à 500 kg/ha et le compost en apport de 5 t/ha.

**Tableau 3** : Les rotations étudiées

Rotations	Années		
	2011	2012	2013
R6	Riz	Arachide	Riz
R8	Riz	Niébé	Riz
R11	Riz	Riz	Riz

Source TRAORE, 2011

**Tableau 4** : Les fumures étudiées

Traitements	Composition
F1	Témoins sans apport de fertilisants
F2	NPK (200kg/ha) + Urée vulgarisée (100kg/ha)
F3	BP (500kg/ha)
F4	BP (500kg/ha) + Urée vulgarisée (100kg/ha)
F5	BP (500kg/ha) + compost (5t/ha)
F6	BP (500kg/ha) + compost (5t/ha) + Urée vulgarisée (100kg/ha)

Source TRAORE, 2011

Chaque parcelle principale mesure 161,5 m<sup>2</sup> (19 m x 8,5 m) délimitée par une allée de 0,5m. Quant aux parcelles secondaires, chacune couvre 20 m<sup>2</sup> (4 m x 5 m) séparées entre elles par des allées de 0,5 m. Le riz a été semé en ligne continu avec 25 cm entre les lignes.

### **2.2.1. Opérations culturales**

La préparation du sol a consisté en un labour profond d'environ 20 cm, réalisé à la charrue, suivi par un nivellement. Les amendements organiques que sont le BP et le compost ont été appliqués environ une semaine avant le semis.

L'engrais NPK a été appliquée à 15 JAS environ et l'urée a été fractionnée et appliquée respectivement à 30 et 45 JAS. Le contrôle des adventices a été fait à la demande et a consisté en trois sarclages à 15, 20 et 30 JAS et deux désherbages manuels à 45 et 52 JAS.

### **2.2.2. Collecte de données**

#### ***2.2.2.1 Prélèvements d'échantillons de sols avant le labour***

Elle a consisté en des prélèvements de sol dans chaque parcelle avant labour afin d'évaluer l'effet de deux ans de cultures sur les propriétés du sol. Ces prélèvements ont été réalisés sur l'horizon 0–20 cm en trois points suivant la diagonale et à l'aide d'une tarière. Les échantillons des trois points ont été utilisés pour constituer un échantillon composite par traitement. Au total 54 échantillons ont été prélevés.

#### ***2.2.2.2. Prélèvement d'échantillons de sols au cours du cycle du riz***

Pour le suivi de l'évolution des caractéristiques du sol au cours du cycle cultural du riz, des échantillons de sols ont été prélevés sur l'horizon 0–20 cm dans les parcelles pendant cinq (05) dates à savoir :

- avant le labour,
- à la levée (15 JAS),
- au tallage (30 JAS),
- à l'initiation paniculaire (45 JAS)
- et la floraison (60 JAS)

Après chaque prélèvement les échantillons ont été conservés au congélateur à 4°C afin de réduire l'activité biologique en attendant d'être analysés.

#### ***2.2.2.3. Prélèvement d'échantillons de plantes à la récolte***

A la récolte la biomasse de riz a été prélevée dans chaque parcelle élémentaire pour évaluer la teneur en azote.



#### **2.2.2.4. Préparation des échantillons et analyse de laboratoire**

Les échantillons ont été séchés à l'ombre puis tamisés à 2 mm afin d'éliminer les éléments grossiers et les débris divers. Les analyses des échantillons de sol ont été au laboratoire Sol-Eau-Plante (S.E.P.) du programme G.R.N. /S.P. de la station de Farako-Bâ et a concerné les éléments suivants :

- le carbone
- le pH (KCl et H<sub>2</sub>O)
- azote minéral (NO<sub>3</sub> et NH<sub>4</sub>)
- le phosphore total et assimilable

#### **2.2.3. Méthodes d'analyses**

- Dosage pH eau - pHKCl

Le pH (eau et KCl) du sol a été mesuré sur une suspension de solution, par la méthode électrométrique au pH-mètre à électrode de verre. Le rapport sol / solution a été : 1/5 (AFNOR, 1999). Pour ce faire, 20 g de terre tamisée à 2 mm a été ajoutée à 50 ml d'eau distillée puis agitée (la solution) pendant une heure à l'agitateur magnétique. La solution a été ensuite laissée au repos pendant une heure de temps et le pHeau a été lu avec un pH-mètre étalonné à 7 et à 4. Après la mesure du pHeau, 3,7 g de KCl (réactif) a été rajouté à la solution de sol et le tout agité pendant 30 mn avant la lecture du pHKCl.

- Dosage de N « total »

L'azote est dosé par la méthode Kjeldahl (Hillebrand et *al.*, 1953). Les échantillons de sol ont été soumis à une minéralisation Kjeldahl, avec l'acide sulfurique et acide salicylique (C<sub>7</sub>H<sub>6</sub>O<sub>3</sub>) en présence du peroxyde d'hydrogène (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) et du sélénium (Se) utilisé comme catalyseur. Après la minéralisation, la solution aqueuse est filtrée au papier « Whatman » 125mm. Une partie du substrat a été ensuite prélevée et distillée. L'azote organique à l'issue de l'attaque est converti en azote ammoniacal (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) qui est déplacé de la solution par distillation. Les quantités d'azote déplacées ont été ensuite recueillies dans une solution d'acide borique (H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>) qui a été dosées en retour à l'acide sulfurique (H<sub>3</sub>SO<sub>4</sub>).

- Dosage du C « total » et de la matière organique

La méthode Walkley-Black a été utilisée (Nelson et Sommers, 1975). C'est une méthode par voie humide ; elle consiste en une oxydation à froid d'un échantillon (solide ou liquide) par une solution de bichromate de potassium (K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>) en présence d'acide sulfurique (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>). L'excès de bichromate est dosé en retour avec une solution standard de Fe<sup>2+</sup> (dans du sulfate

d'ammonium ferreux : sel de Mohr dont la formule chimique est  $\text{FeSO}_4 (\text{NH}_4)_6$  pour déterminer la quantité qui a réagi. La matière organique a été déterminée à partir des valeurs de C « total ». L'équation de calcul utilisée a été :  $\text{MO} = \%C \text{ « total »} \times 1,724$ .

L'azote des végétaux a été dosé par la même méthode que précédente.

- Dosage de phosphore total

Le P « total » a été mesuré sur le condensé de la minéralisation (Anderson et Ingram, 1989). Pour ce faire, une solution d'acide ascorbique associé au molybdate d'ammonium (soit 2,108g d'acide ascorbique dans 400 ml de molybdate d'ammonium) et de l'eau distillée ont été ajoutées à la solution minéralisée puis agitée à l'agitateur électrique. L'acide ascorbique permet le développement de la couleur. Le spectro-photomètre à UV/ visible standardisé a servi ensuite à la lecture directe des résultats. A chaque fois, un « blanc » a été lu afin de prendre en compte les conditions de minéralisation.

- Dosage du phosphore assimilable

La méthode Bray I (Bray and Kurtz, 1945) a été utilisée pour le dosage du phosphore assimilable à un pH 3,5 avec un rapport d'extraction de 1/7 (2g de sol tamisé à 2 mm pour 14ml de solution de Bray I ( $\text{NH}_4\text{F}$ )) et un temps d'extraction d'une minute. L'acide chlorhydrique est utilisé pour extraire les formes de phosphore (P) solubles dans l'acide. Le fluorure d'ammonium dissout les phosphates de Ca, de Fe et d'Al en formant un complexe entre ces ions et ceux des métaux en solutions acide. Le dosage a été ensuite fait par colorimétrie en utilisant l'acide ascorbique qui réduit le complexe phosphomolybdique formé par ajout de molybdate d'ammonium en bleu de molybdène. La réaction est effectuée en présence d'acide sulfurique et la lecture effectuée avec un spectro-photomètre à UV visible.

### ***2.2.3.1. Evaluation des rendements***

A la récolte, les rendements grains et pailles ont été évalués pour chaque traitement à l'aide de carrés de rendement de  $1\text{ m}^2$  installé dans chaque parcelle.

### ***2.2.3.2. Analyses des données***

Les données collectées au champ et au laboratoire ont été saisies dans EXCEL et analysées à l'aide du logiciel XLSTAT version 2007. Les moyennes ont été séparées par le test de Newman-Keuls au seuil de signification de 5%.

## **CHAPITRE III: RESULTATS ET DISCUSSION**

### **3.1. Resultats**

#### **3.1.1. Effets des précédents légumineuses et des fumures sur les caractéristiques des sols**

Les résultats montrent des variations en fonction des rotations et des fumures. Les faibles valeurs du pH ( $\text{pH}_{\text{eau}}$ ) traduisent l'acidité du sol (Tableau 5). Les teneurs moyennes montrent que les sols sont pauvres en carbone (C), en matière organique (M.O), en azote (N), en phosphore total et assimilable (P total et P assimilable), en potassium total (K total), en azote minéral.

Les résultats statistiques varient selon les traitements. En effet, les rotations ont influencé significativement les teneurs en phosphore total, en potassium et en azote minéral des sols. L'interaction, rotations et fumures est positive uniquement pour le phosphore total. Les résultats indiquent également que les fumures affectent significativement les teneurs en matière organique et le pH du sol. Les fumures contenant le compost ont des valeurs en matière organique plus élevée (BP + compost, BP+compost+urée).

**Tableau 5 : Propriétés chimiques des sols avant le labour**

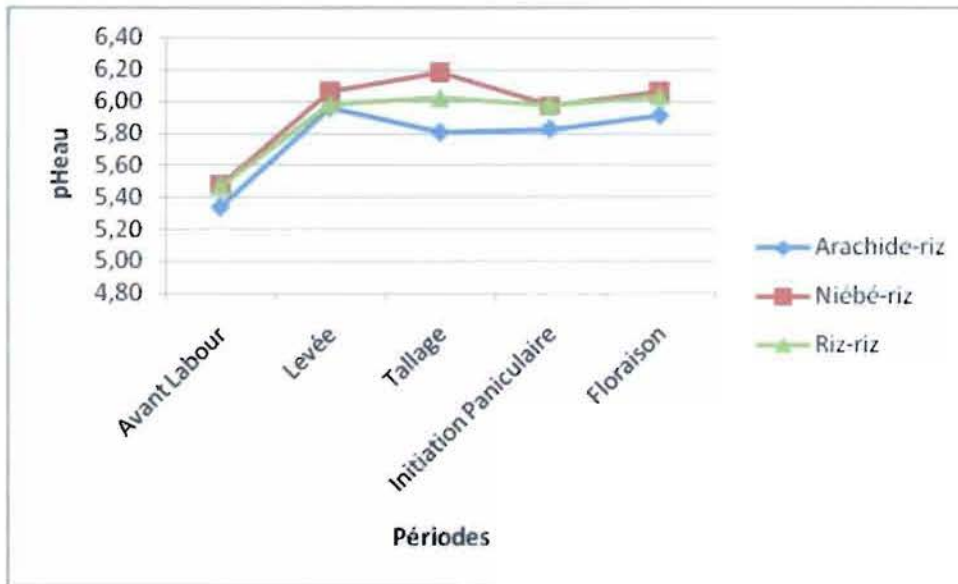
	pH eau	pH Kcl	C (%)	M.O (%)	N (%)	C/N	P total (mg/kg)	P assimilable en (mg/kg)	K total(mg/kg)	N minéral en (mg/kg)
<b>Rotations</b>										
<b>Riz-riz</b>	5,5a	4,4a	0,34a	0,58 a	0,032 a	10,83a	89,94a	1,7a	981,28ab	28,21b
<b>Arachide-riz</b>	5,3a	4,4a	0,35a	0,61a	0,034 a	10,78a	117,22a	1,73a	1035,56a	42,75a
<b>Niébé-riz</b>	5,5a	4,5a	0,37a	0,64a	0,033 a	11,33a	109,17b	1,63a	884,61b	28,1b
<b>Probabilités significations Rotation</b>	<b>et</b> 0,134 <i>NS</i>	0,109 <i>NS</i>	0,170 <i>NS</i>	0,169 <i>NS</i>	0,633 <i>NS</i>	0,717 <i>NS</i>	<0,0001 <i>HS</i>	0,916 <i>NS</i>	0,049 <i>S</i>	0,008 <i>S</i>

### 3.1.2. Evolution des caractéristiques du sol au cours du cycle développement du riz

#### 3.1.2.1. Evolution du pH

##### ❖ *pH en fonction des rotations*

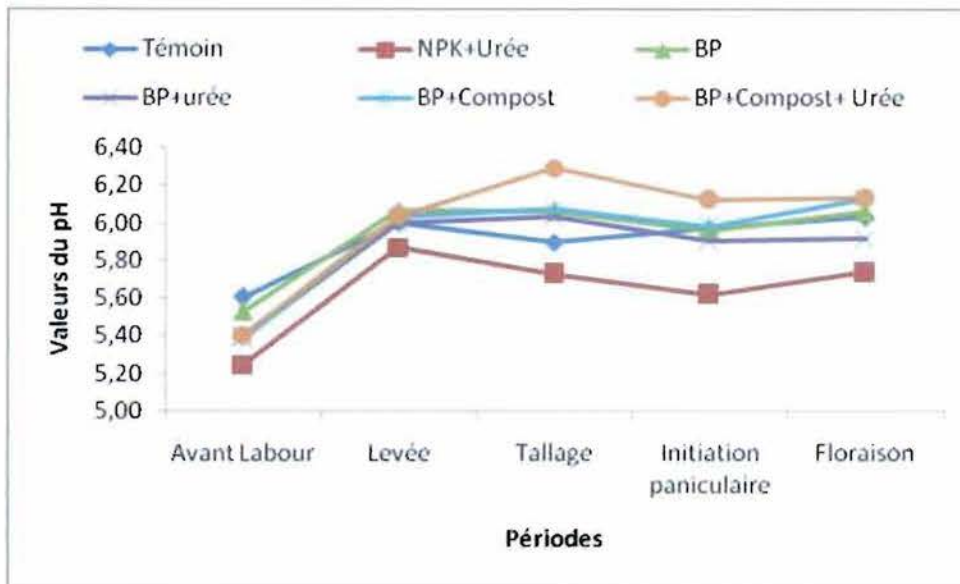
La figure 4 indique une augmentation du  $pH_{\text{eau}}$  au cours de la saison. L'allure des courbes montre une élévation rapide du pH à partir du semis jusqu'à levée ; et une stabilisation de la levée à la floraison. Cependant, le pH est plus élevé pour le précédent niébé-riz par rapport aux rotations riz-riz et arachide-riz.



**Figure 4 :** Evolution du  $pH_{\text{eau}}$  selon les rotations pendant le cycle de développement

##### ❖ *pH en fonction des fumures*

La tendance générale du pH est identique à celle observée pour les rotations. Il n'y a d'écart considérable du pH aux différentes dates d'observation ni entre les fumures. L'observation révèle une légère élévation et une nuance de l'acidité en début de croissance entre les fumures. Cependant, deux groupes se distinguent à partir de la levée: le BP+ Compost+Urée et le NPK+Urée respectivement plus élevé et plus bas.

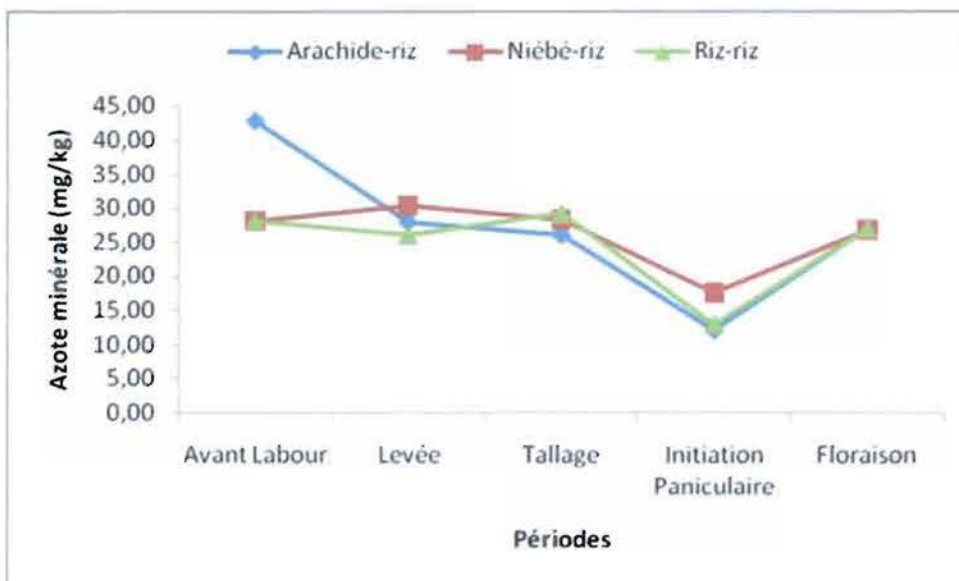


**Figure 5 :** Evolution du  $pH_{\text{eau}}$  en fonction des fumures et au cours du cycle de développement

### 3.1.2.2. Evolution de l'azote minéral

#### ❖ L'azote en fonction des rotations

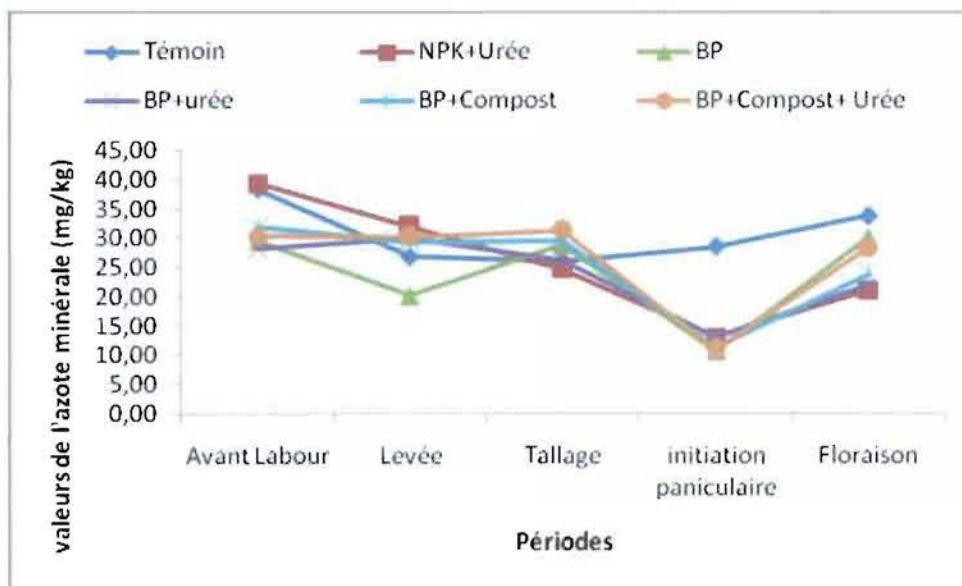
L'azote minéral en fonction des rotations a varié durant le cycle de développement du riz (Figure 6). Les résultats montrent une diminution à partir de l'initiation paniculaire puis une remontée à la floraison. Le stock initial en azote minéral semble plus élevé au niveau de la rotation niébé-riz comparativement aux autres.



**Figure 6 :** Evolution de l'azote minéral (mg/kg) en fonction des rotations au cours du cycle de culture

❖ *L'azote minéral en fonction des fumures*

Aux différentes périodes le taux d'azote minéral a varié suivant les fumures (Figure 7). Au début, elles sont plus marquées pour le NPK+Urée (42.078mg/kg) et le BP (28.348mg/kg) respectivement haut et bas. Au tallage, excepté pour le témoin, la teneur est identique pour toutes les fumures. On note une forte diminution au début jusqu'à l'initiation paniculaire puis une augmentation jusqu'à la floraison exception faite du témoin qui semble maintenir ses stocks jusqu'à la floraison.

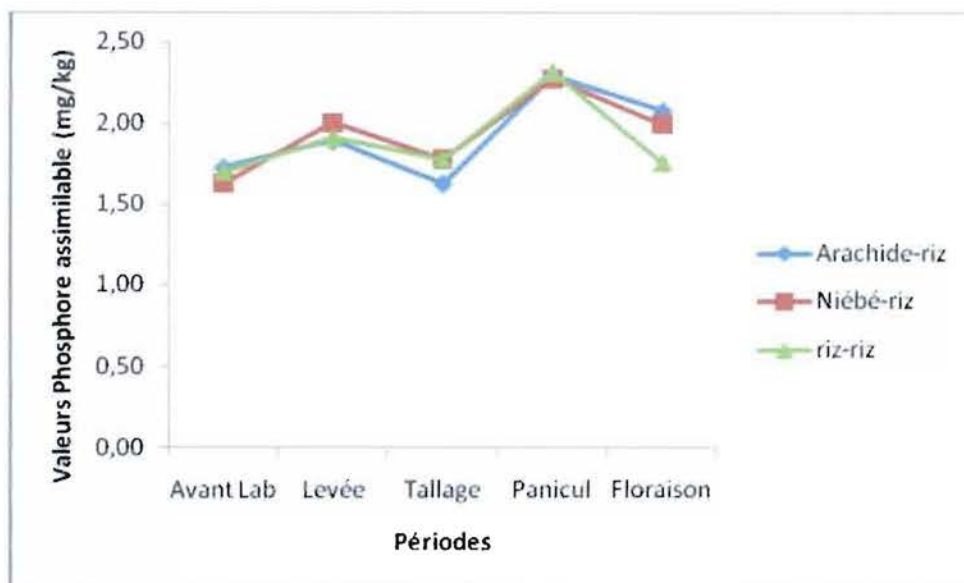


**Figure 7 :** Evolution de l'azote minéral (mg/kg) en fonction des fumures

**3.1.2.3. Evolution du phosphore assimilable**

❖ *Le phosphore assimilable suivant les rotations*

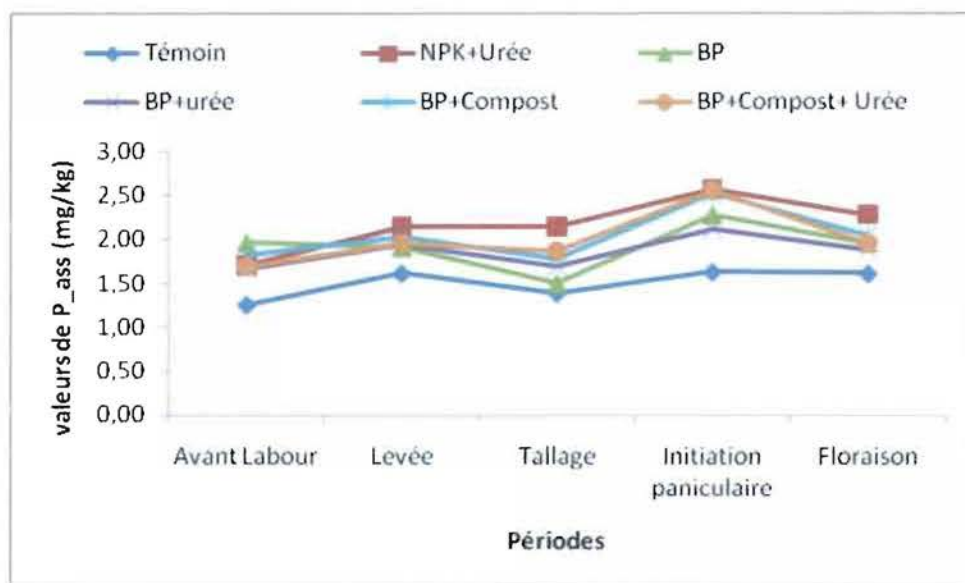
Les résultats montrent (figure 8) que les rotations ont peu d'impact sur la teneur en phosphore assimilable. Cependant on note deux pics a la levée et a l'initiation paniculaire.



**Figure 8 :** Evolution du phosphore assimilable en fonction des rotations au cours du cycle de développement du riz.

❖ *Le phosphore assimilable en fonction des fumures*

Les teneurs en P assimilable obtenus sont de façon générale en dessous du seuil de déficience. La valeur phosphore assimilable varie entre 1 et 2 mg/kg. Le P assimilable varie très peu au cours de la saison en fonction des fumures. Les teneurs les plus élevées sont observées pour la fumure contenant le NPK et le BP.



**Figure 9 :** Evolution des teneurs en phosphore assimilable (mg/kg) en fonction des fumures



### 3.1.3. Rendements grains et pailles du riz

#### ❖ Rendement en fonction des rotations

Les résultats sont présentés dans la Figure 10. Il ressort de ces résultats une différence significative au seuil de 5% entre les rotations pour le rendement grain. Le meilleur rendement de riz est obtenu avec les rotations intégrant les légumineuses comparativement à la monoculture de riz.

En ce qui concerne le rendement paille (Figure 11), aucune différence significative n'a été observée entre les rotations. Néanmoins, en tendance, le niébié-riz enregistre la plus forte production de paille ( $2265.86\text{kg/ha}^{-1}$ ) suivi de la rotation arachide-riz ( $2108.96\text{kg/ha}^{-1}$ ). La plus faible production de paille est observée dans les parcelles de riz continu ( $1808.81\text{kg/ha}^{-1}$ ).

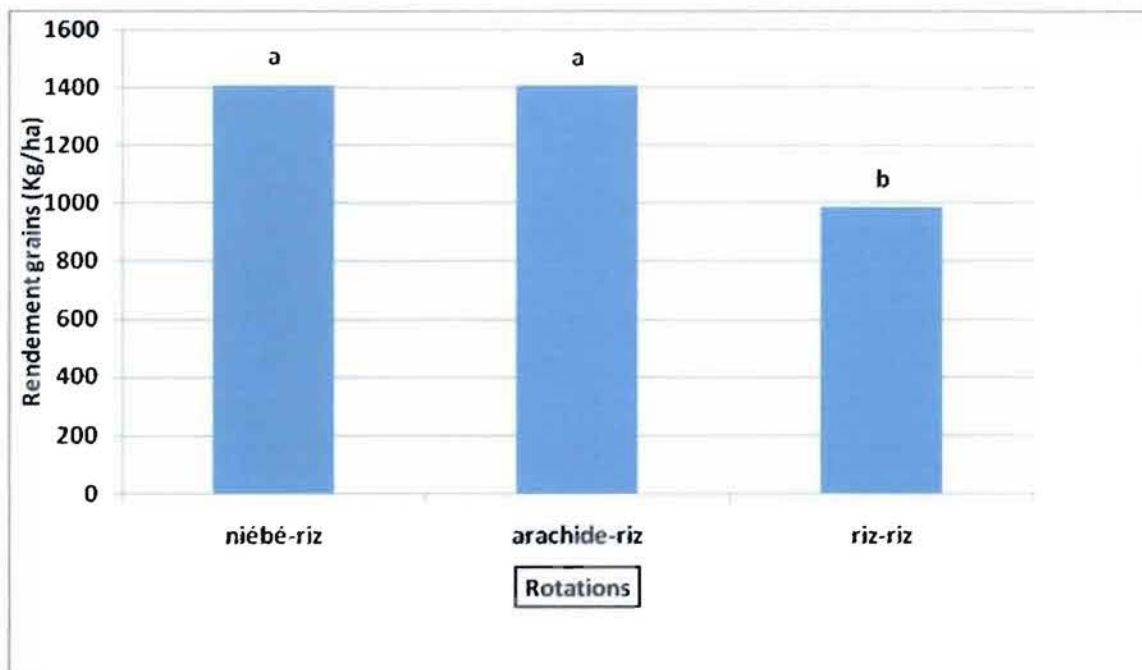
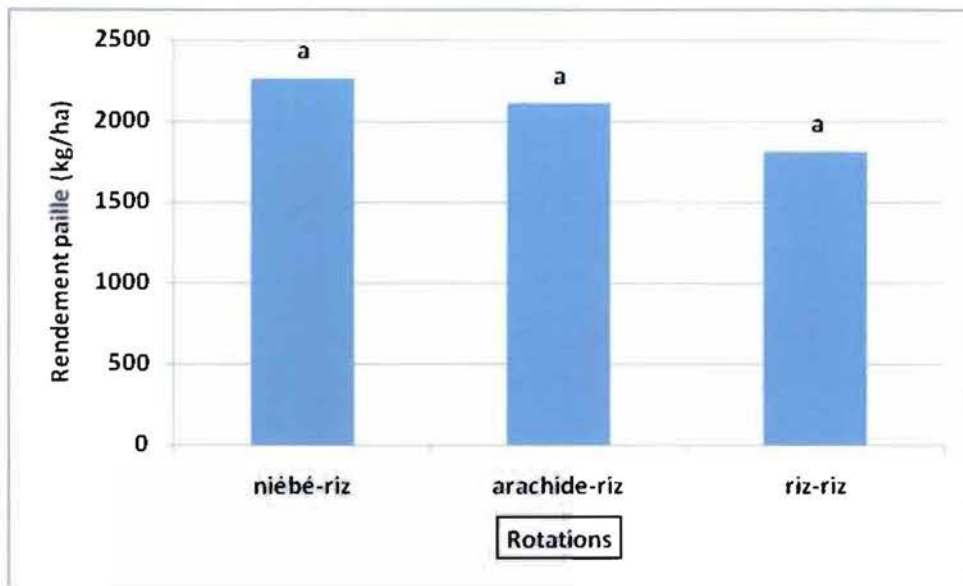


Figure 10 : Rendements grains en fonction des rotations (kg/ha)



**Figure 11** : Rendements paille en fonction des rotations (kg/ha)

❖ Rendement en fonctions des fumures

Les fumures ont induit des effets significatifs au seuil de 5% (Figures 13 et 14) sur les rendements grains. Les meilleurs rendements grains sont obtenus avec le BP+compost +urée (et le NPK+urée comparativement au témoin. Les rendements grains sont comparables pour les fumures BP, BP+Compost et BP+urée. Cependant, des rendements paille élevés sont enregistrés respectivement par les fumures NPK+Urée ( $2776.83\text{kg ha}^{-1}$ ) et BP+Compost+Urée ( $2726.50\text{kg ha}^{-1}$ ). Les plus faibles rendements pailles sont obtenues avec les fumures BP et le témoin.

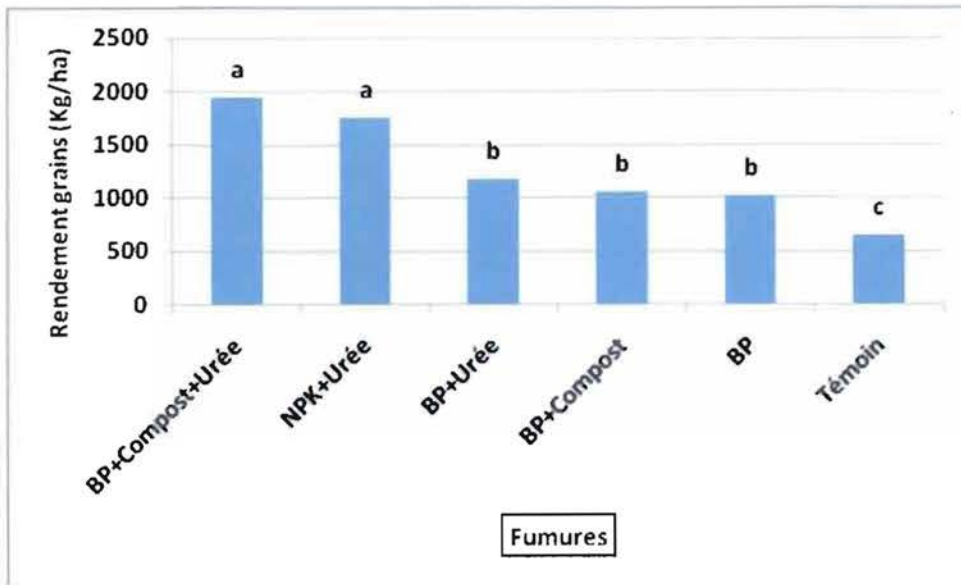


Figure 12 : Rendements grains en fonction des fumures (kg/ha)

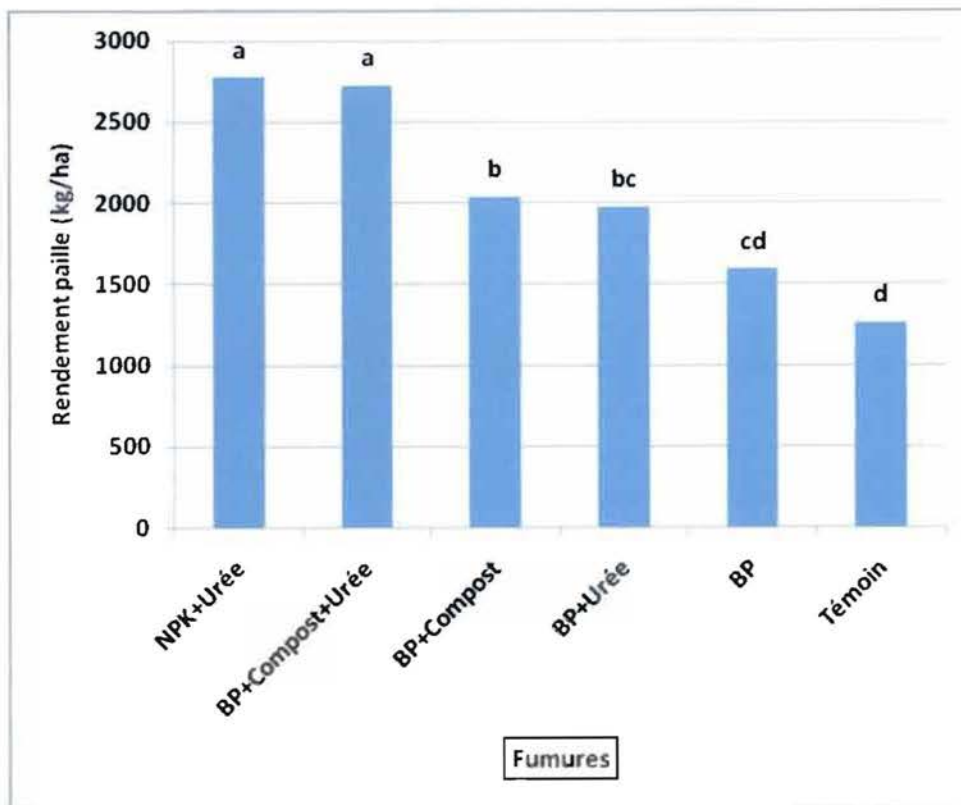


Figure 13 : le rendement paille en fonction des fumures

### 3.1.4. Mobilisation de l'azote par le riz

#### ❖ Mobilisation en fonction des rotations

On note une différence significative au seuil de 1% entre les rotations pour la mobilisation de l'azote. La Figure 14 montre une forte mobilisation d l'azote total dans les grains de riz dans

les rotations arachide-riz et niébé-riz. En revanche, la monoculture de riz montre une faible mobilisation de l'azote dans les grains. Quant à l'azote total contenu dans les pailles de riz il est plus élevé pour la rotation niébé-riz. La rotation arachide-riz a mobilisé plus d'azote dans les pailles que le témoin absolu. La Figure 14 indique que dans les rotations légumineuses – riz, l'azote total est plus mobilisé que dans le cas de la monoculture de riz.

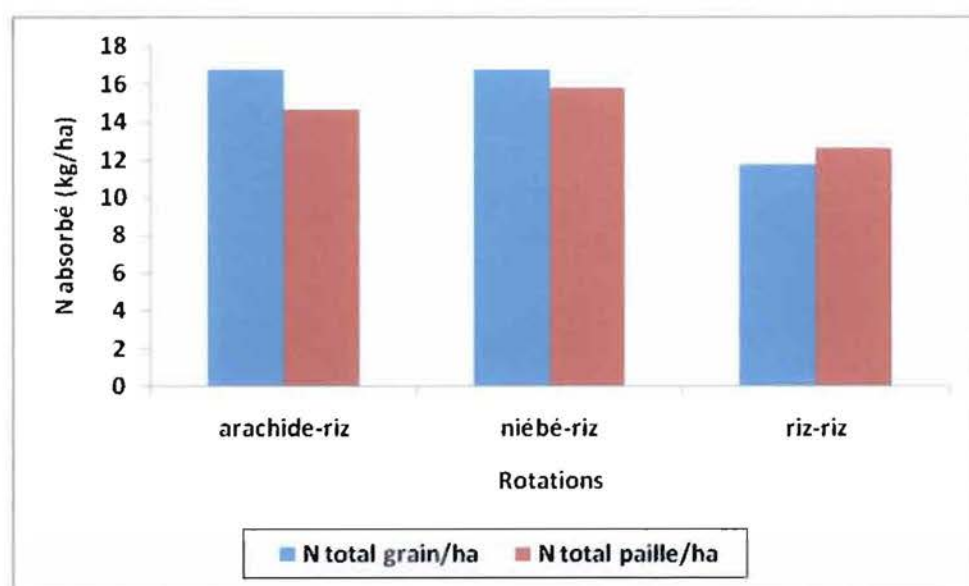


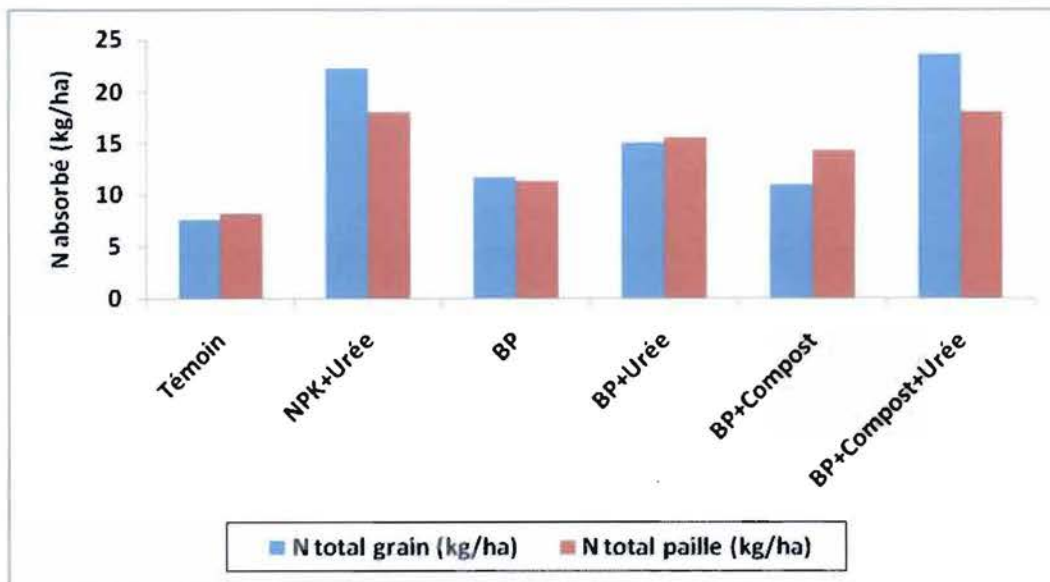
Figure 14 : Mobilisation en azote par le dans les rotations

#### ❖ Mobilisation en azote du riz en fonction des fumures

La forte valorisation d'azote a été mise en évidence au niveau des fumures BP+Compost+urée et NPK+ urée aussi bien par les graines et que les pailles. Comparativement au NPK+Urée, le BP+Compost+urée a mobilisé plus d'azote dans les grains et inversement dans les pailles. Les plus faibles teneurs sont enregistrées par le témoin.

Les fumures NPK+Urée et BP+Compost+Urée et BP+Urée ont les plus grandes concentrations d'azote dans les grains. Contrairement le témoin, le BP et le BP+Compost ont les plus faibles concentrations en azote dans les grains.

Les plus faibles concentrations en azote dans les pailles sont également observées au niveau des fumures témoin et BP.



**Figure 15 :** Mobilisation en azote du riz en fonction des fumures

### 3.2. DISCUSSION

Les résultats sur les propriétés chimiques des sols avant labour montrent que la rotation permet de fournir du phosphore au sol probablement par le biais des résidus de récolte de la saison précédente. Le précédent légumineuse permet de mobiliser plus de phosphore et d'azote que la culture continue de riz. La rotation arachide-riz permet de mobiliser plus de potassium (1035.56mg/kg) et d'azote (42.75mg/kg) par rapport à la rotation niébé-riz ayant respectivement 884.61mg/kg et 28.1mg/kg, et à la monoculture de riz (981.28mg/kg de K et 28.21mg/kg de N). Cette situation est du probablement liée à l'arrière effet de la biomasse enfouie de ces légumineuses sur les parcelles subséquentes. Il est généralement reconnu que les résidus de récoltes permettent le recyclage des éléments nutritifs notamment l'azote, le phosphore et le potassium (Bationo, 1998 ; Bado, 2002).

Le type de fumure a un impact sur le phosphore total. En effet, le P total est plus faible en condition d'application de NPK par rapport aux traitements avec BP. Curieusement le taux de P est comparable pour le témoin et les fumures avec BP ce qui laisse penser à une ancienne fertilisation de ce champ. La qualité des résidus de récolte en termes de teneur en azote et phosphore constitue aussi un paramètre.

En ce qui concerne l'évolution des paramètres chimiques au cours du développement cultural, des variations ont été observées. En effet, l'augmentation du pH au début du cycle au niveau des rotations pourrait provenir de la minéralisation rapide de la matière organique après le labour. La diminution constatée en fin de cycle pourrait être imputable à une baisse de la

matière organique et aux échanges entre sol- plante-eau. Girad et *al.*, (2011) ont montré que les échanges entre la plante et le sol pouvaient entraîner une acidification du sol.

Il est ressorti que les fumures influençaient le pH du sol. En effet, le bon niveau du pH pour le BP+Compost+Urée serait lié au rôle du compost et du BP sur les caractéristiques du sol. De nombreux études ont montré que l'apport de compost contribue à augmenter le pH du sol Sédogo (1981). En revanche, le bas niveau du pH pour le NPK+urée traduit les résultats de la fertilisation exclusivement minérale à base de NPK et d'urée qui augmente l'acidité des sols. Des résultats similaires ont été obtenus par Pichot, (1992).

Dans les systèmes de cultures, les précédents légumineuses jouent un rôle dans l'augmentation de l'azote minéral. Cette augmentation pourrait être liée à la mise à disposition de l'azote par les résidus (feuilles et racines) perdus au cours de la saison et aussi par le biais de la fixation symbiotique. Cependant, la baisse de l'azote minéral au cours du cycle de culture pourrait être attribuée à une utilisation accrue de cet élément par la plante pendant cette période.

L'absorption de l'azote minéral par la plante pourrait être à l'origine des faibles concentrations de N minéral d'une part et d'autre part les pertes par lessivage ou par lixiviation compte tenu du régime pluviométrique durant ce stade Zougmore (2002). Cependant, le relèvement à partir de l'initiation paniculaire s'expliquerait par l'application de la deuxième fraction d'urée.

La variation du phosphore assimilable au cours du cycle végétatif est surtout marquée au tallage. Cette variation est constatée aussi bien pour les rotations que pour les fumures. La diminution au tallage serait liée à l'absorption par la culture. Le phosphore joue un rôle capital dans le tallage donc sur le rendement. En effet, Sircar et Sen (1941) ont trouvé que la déficience en phosphore est à l'origine de la réduction progressive de la taille et du tallage du riz. Par ailleurs, GRIST(1965) a montré que l'alimentation en azote était fonction de la teneur en phosphore. Cependant, au niveau des fumures, la baisse en phosphore assimilable est non significative. Ces résultats montrent les effets de la minéralisation des engrais et des amendements qui ont favorisé la solubilisation du P et du compost entraînant une libération progressive de phosphore. La teneur élevée du P dans les parcelles ayant reçues la fumure NPK+Urée justifie la grande solubilité de phosphore contenu dans cet engrais.

Les précédents légumineuses ont permis d'augmenter les rendements par rapport à la monoculture. Nos résultats ont montré que les légumineuses ont influencé les rendements grains et paille du riz. Ces résultats sont similaires avec ceux obtenus par BATIONO (1995),

SANGINGA et al. (1996), SEGDA et TOE (1998) qui ont respectivement travaillé sur le mil et le maïs en rotation ou en association avec l'arachide, le niébé et le *mucuna sp*

Cela s'expliquerait par les effets bénéfiques des rotations sur les caractéristiques physiques, chimiques et biologiques du sol (HOSHIKAWA (1990) avec pour conséquence une bonne alimentation en eau et en éléments nutritifs. Par ailleurs les résultats ont montré que les meilleurs rendements ont été obtenus les fumures BP+Compost+Urée, NPK+Urée. Cela confirme les effets positifs des fumures organo-minérales sur les rendements des cultures (OUATTARA, 1994 ; LOMPO et al., 1993)

L'importance de la fumure dans la production de grains et de paille de la fumure BP+Urée serait en relation avec l'apport d'urée. L'effet positif des fumures organo-minérales résulte de l'amélioration du statut organo-minéral du sol et de son interaction probable sur les propriétés physiques du sol

## CONCLUSION

Au terme de notre travail nous pouvons retenir ce qui suit :

- Les résultats des analyses de sols montrent des sols de façon générale pauvres en C, N, P, K. Les rotations ont significativement affecté les teneurs en phosphore total, en potassium et en N minéral. Les fumures ont par contre affecté le pH et le taux de matière organique. Ces résultats ont mis en exergue l'importance capitale des deux facteurs pour la fertilité des sols
- Le suivi de la teneur en éléments nutritifs du sol en fonction du cycle de développement a montré une augmentation du pH en début de cycle et stationnaire le reste du cycle pour les fumures et les rotations. Le taux d'N est resté stationnaire jusqu'au tallage et a baissé pendant l'initiation paniculaire pour ensuite rester stable pendant le reste du cycle. Les teneurs en P des sols sont restées faibles (<3mg/kg) mais connaissent une baisse à partir de la floraison. Ce suivi a permis de noter les périodes de prélèvement et de minéralisation des différents substrats par les plants de riz
- Les rendements paille et grain de riz ont été significativement affectés par les rotations et les fumures bien que leur interaction ne soit pas positive. Ces résultats montrent l'importance relative de chacun des deux facteurs. Les meilleurs rendements grains et pailles sont obtenus pour les rotations niébé-riz. La meilleure fumure pour le riz reste celle à base d'urée

Ces travaux nous ont permis de noter l'importance des rotations et des fumures dans la production du riz pluvial. L'association des deux facteurs reste importante pour la durabilité des systèmes de production à base de riz. Nos travaux se sont intéressés aux aspects disponibilité en éléments nutritifs au cours d'un cycle, il serait important de continuer ce travail sur plusieurs années afin d'évaluer l'impact multi annuel des rotations et des fumures sur les propriétés des sols et la productivité du riz pluvial.



## **BIBLIOGRAPHIE**

**ADRAO., 1995.** Association pour le Développement de la Riziculture en Afrique de l'Ouest - Formation en production rizicole, manuel du formateur ; Edition Sayce publishing, Royaume Uni. 30p.

**ANGLADETTE A., 1966.** Le riz. Editions G.P. - Maisonneuve et Larose, Paris 930 p.

**ARRAUDEAU A., 1998.** Le riz irrigué - Le technicien d'agriculture tropicale. Edition Maisonneuve et Larose, 321 p.

**BADO BV., 2002.** Rôle des légumineuses sur la fertilité des sols ferrugineux tropicaux des zones guinéennes et soudaniennes du Burkina Faso. Thèse de Ph.D - Département des sols et Environnement, Université Laval, France. 148 p.

**BAKOUAN B., 2007.** Caractérisation agro-morphologique de nouvelles variétés de coton en micro-essai à la station de Farako-Bâ (Burkina Faso). Rapport de fin de cycle, C.A.P./M., 43p.

**BANQUE MONDIALE, 2008.** Rapport sur le développement dans le monde. L'Agriculture au service du développement. 375p.

**BERGER M., BELEM P.C., DAKOUO D. et HIEN V., 1987.** Le maintien de la fertilité dans l'Ouest du Burkina Faso et la nécessité de l'association agriculture-élevage. Coton Et Fibres Tropicaux, vol. XIII, fasc.3. pp

**BRABANT P., 1989.** La cartographie des sols dans les régions tropicales : une procédure à 5 niveaux coordonnés. Sciences du sol, vol. 27, éd. 4, 369-385.

**CEDRA C., 1997.** Les matériels de fertilisation et traitements des cultures. Technologies de l'agriculture ; collection FORMAGRI, vol. 415, 1ère édition ; 343p.

**CHANG T. T., 1976.** The origin, evolution, cultivation, dissemination and diversification of Asian and African rices. *Euphytica*, 25 : pp 425 – 441.

**CNRST, 2005.** Le riz au Burkina Faso: production, commercialisation, consommation, recherche. Eurêka, Burkina Faso. 17 - 25p.

**DGPER., 2009.** Statistiques sur l'Agriculture et l'Alimentation du Burkina Faso. pp

**DGPER., 2010.** Annuaire de statistiques agricoles. DPSAA, MAHRH. Ouagadougou. p. 459.  
DGPER/DPSAA, 2012

**EPSTEIN E., 1972.** Mineral nutrition of plants: Principles and perspectives. New york, USA. pp 14 - 16.

**FALISSE A. et LAMBERT J., 1994.** Fertilisation minérale et organique de la production végétale. Tayeba, EH. Persons E, Hatier pp 377- 398.

**F.A.O., 2011.** Programme national pour l'intensification durable des systèmes de production à base de riz. Ouagadougou. pp.

**GRIFFIN G. F. and LAINE, A. F., 1983.** Nitrogen mineralization in soils previously amended with organic wastes. *Agron. J.* 75: 124-129.

**GRIST D.H., 1965.** RICE. 5<sup>th</sup> edition. New York, USA. 601 p.

**GUINKO S. 1984.** Végétation de la Haute-Volta. Thèse de doctorat. Sciences naturelles. Université de Bordeaux III. 2 tomes, 394 p. +annexes.

**GUISSOU R., ILBOUDO F., 2012.** Analyse des incitations et pénalisations pour le riz au Burkina Faso. Série de notes techniques. SPAAA, FAO, Rome, 44 p

**HOSHIKAWA K., 1990.** Significance of legume crops in improving the productivity of cropping systems. Paper presented at the International Symposium on the use of stable isotopes in plant nutrition, Soil Fertility and Environmental Studies. Vienna, Austria. Pp

**JACQUOT M., COURTOIS B., 1983.** Le riz pluvial. Collection Technicien d'Agriculture Tropicale. Editions G P Maisonneuve et Larose. Agence de Coopération Culturelle et Technique. Paris. 30 p.

**KABORE K.B, SEGDA Z., OUEDRAOGO M., TRAORE H., LOMPO F. et DAKOUO D., 2011.** Politique rizicole du Burkina Faso et perspectives. Présentation-Conférence Bamako, Mali - Fondation SYNGENTA. 22 p.

**KROM M. D., 1980.** Spectrophotometric determination of ammonia : a study of a modified Berthelot reaction using salicylate and dichloroisocyanurate. *The Analyst* -105. P 305-316.

**LACHARME M., 2001.** Le plant de riz : données morphologiques et cycle de la plante. Fascicule 2 ; Paris. 22 p.

**MEMENTO DE L'AGRONOME, 1991.** Ministère de la coopération et du développement, collection technique rural en Afrique, 1635p.

**MURPHY J. and RILEY J.P., 1962.** A modified simple solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Anal. Chim. Acta*, 26 ; pp 31 - 36.

**NACRO S., 1994.** Analyse d'un système tritrophique: la cécidomyie du riz et ses parasitoïdes au Burkina Faso. Thèse de Doctorat de l'Université de Rennes ; pp 4 – 90.

**OUEDRAOGO T. J., 1984.** Etude des composantes de rendement de trois variétés de riz irrigués à différents niveaux d'azote. Mémoire de fin d'étude de l'Institut du Développement Rural - Université de Ouagadougou. Burkina Faso. 70 p.

**PIERI C., 1989.** Fertilité des terres des savanes. Bilan de trente ans de recherche et de développement agricoles au sud du Sahara. C.I.R.A.D. Paris. 444 pp.

**SEGDA Z., 2002.** Agronomie et technique culturale du riz. Formation participative en gestion intégrée de la production et déprédateur du riz en technique culturale. INERA Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles ; 67 p.

**SIBOMONA I., 1999.** Etude de l'effet des pratiques culturales sur la cécidomyie africaine du riz : cas de la fumure azotée et des écartements entre les plants de riz. Mémoire de fin d'études de l'Institut du Développement Rural - Université Polytechnique de Bobo Dioulasso. Burkina Faso. pp 30 – 80.

**SIRCAR, S.M. and SEN, N.K., 1941.** Studies in physiology of rice. Effect of phosphorus deficiency on growth and nitrogen metabolism of rice leaves. Indian J.Agric. Sci.11,193-204.

**SMITH RICHARD G., GROSS KATHERINE L. and ROBERTSON PHILIP G., 2008.** Effects of crop diversity on agroecosystem Function : Crop Yield Response. Ecosystems. CANADA. Pp

**SOLTNER D., 1990.** Les bases de la production végétale. Tome I - Le sol, 18ème édition. Sciences et Techniques Agricoles, 456 p.

**TAPSOBA M., 1997.** Contribution à l'étude des besoins nutritifs du riz pluvial dans la zone Ouest du Burkina Faso. Mémoire de fin d'études de l'Institut du Développement Rural - Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso. Burkina Faso. 70 p.

**VILAIN M., 1993.** La Production Végétale, Vol. 1. Les composantes de la production. Agriculture d'aujourd'hui (Aa). Sciences et Techniques d'application. LAVOISIER Tec. et Doc., 438 p.

**WALKLEY A. and BLACK C. A., 1934.** An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposal modification of the chromic acid titration method. Soil Science, Volume 37, p. 29-38.

## ANNEXES

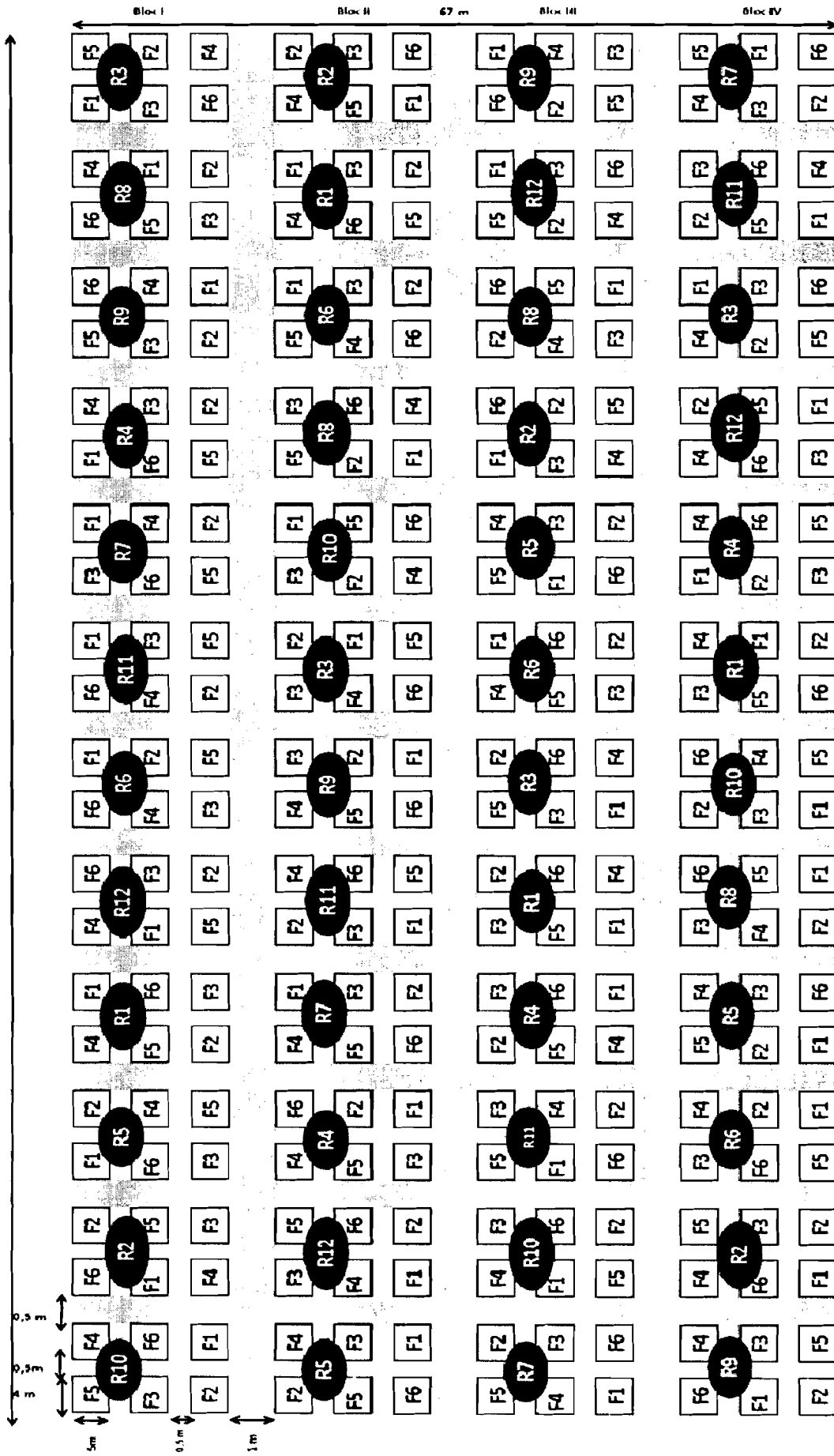
**Annexe 1** : Années et alternances des cultures courant l'étude sur la "contribution en azote des légumineuses, à la fertilité des sols et aux rendements de cultures à base de coton, maïs et riz pluvial strict".

Rotations	Années			
	2011	2012	2013	2014
R1	Riz	Maïs	Riz	Maïs
R2	Maïs	Riz	Maïs	Riz
R3	Coton	Riz	Coton	Riz
R4	Riz	Coton	Riz	Coton
R5	Arachide	Riz	Arachide	Riz
R6	Riz	Arachide	Riz	Arachide
R7	Niébé	Riz	Niébé	Riz
R8	Riz	Niébé	Riz	Niébé
R9	Coton	Coton	Coton	Coton
R10	Maïs	Maïs	Maïs	Maïs
R11	Riz	Riz	Riz	Riz
R12	Jachère naturel	Jachère naturel	Jachère naturel	Jachère naturel

Source : TRAORE (2011)

Annexe 2 : plan de masse "contribution en azote des légumineuses, à la fertilité des sols et aux rendements de cultures à base de coton, maïs et riz pluvial strict".

107.5 m



Source :TRAORE 2011