

BURKINA FASO

Unité-Progrès-Justice

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR DE LA RECHERCHE

SCIENTIFIQUE ET DE L'INNOVATION (MESRSI)

UNIVERSITE NAZI BONI (UNB)

INSTITUT DU DEVELOPPEMENT RURAL (IDR)



MEMOIRE DE FIN DE CYCLE

En vue de l'obtention du

DIPLOME D'INGENIEUR DU DEVELOPPEMENT RURAL

OPTION : AGRONOMIE

Thème :

Effets des fientes de volaille sur les propriétés chimiques du sol et le rendement paddy du riz pluvial strict en zone sud soudanienne du Burkina Faso.

Présenté par: BAMBARA Cheick Aboubacar

Maître de stage : Dr Alain P.K. GOMGIMBOU

Directeur de mémoire : Pr Bismarck Hassane NACRO

Co-directeur de mémoire : Dr Bernard B. BACYE

N :2017/AGRO

Juillet 2017

Table des matières

Table des matières	i
Dédicace	iv
Remerciements	v
Sigles et abréviations.....	vi
Liste des tableaux	vii
Liste des figures	vii
Liste des Annexes.....	vii
Résumé.....	viii
Abstract	ix
INTRODUCTION.....	1
PREMIERE PARTIE : REVUE BIBLIOGRAPHIQUE	3
Chapitre I: généralités	4
I. Connaissance de la plante de riz	4
<i>I.1 Origine et systématique du riz.....</i>	<i>4</i>
<i>I.2 Morphologie du riz.....</i>	<i>4</i>
I.2.1 Racines.....	5
I.2.2 Tiges ou chaumes.....	5
I.2.3 Feuilles.....	5
I.2.4 Inflorescence du riz.....	6
I.2.5 Grain du riz ou paddy	6
<i>I.3 Cycle de développement du riz.....</i>	<i>7</i>
I.3.1 Phase végétative.....	7
I.3.2 Phase reproductive	7
I.3.3 Phase de maturation	7
<i>I.4 Exigences écologiques du riz</i>	<i>8</i>
I.4.1 Température	8
I.4.2 Lumière	8
I.4.3 Besoins en eau.....	8
I.4.4 Exigences édaphiques	8
I.4.5 Exigences trophiques	9
II Fertilisation du riz	11
<i>II.1 Fertilisation organique.....</i>	<i>11</i>
II.1.1 Compost	12
II.1.2 Fiente de volaille.....	12

II.2	<i>Fertilisation minérale</i>	13
II.3	<i>Fertilisation organo-minérale</i>	14
III	Riziculture au Burkina Faso.....	15
III.1	<i>Production et importance économique</i>	15
III.2	<i>Différents types de riziculture</i>	16
III.2.1	Riziculture de bas-fonds	16
III.2.2	Riziculture irriguée.....	16
III.2.3	Riziculture pluviale stricte	16
III.3	<i>Contraintes de la production rizicole au Burkina Faso</i>	17
III.3.1	Contraintes socio-économiques.....	17
III.3.2	Contraintes abiotiques	18
III.3.3	Contraintes biotiques.....	18
III.3.4	Effets des pratiques de fumure sur les caractéristiques des sols	20
	Conclusion partielle.....	21
	DEUXIEME PARTIE : ETUDE EXPERIMENTALE.....	22
	Chapitre II : Matériel et méthodes.....	23
II.1	<i>Matériel</i>	23
II.1.1	Site d'étude.....	23
II.1.2	Matériel d'étude	26
II.2	<i>Méthodes d'étude</i>	26
II.2.1	Dispositif expérimental	26
II.2.2	Conduite de l'essai	27
II.3	<i>Collecte des données</i>	28
II.3.1	Collecte des données agro-morphologiques.....	28
II.3.2	Evaluation des rendements.....	29
II.3.3	Echantillonnage du sol et des plants de la parcelle expérimentale.....	29
II.4	<i>Analyse statistique des données</i>	32
	Chapitre III : RESULTATS ET DISCUSSION	33
III.1	<i>Résultats</i>	33
III.1.1	Caractéristiques chimiques des sols de l'essai avant semis	33
III.1.2	Effets de l'apport des fumures sur les caractéristiques chimiques des sols de l'essai à la récolte du riz.....	33
III.1.3	Effets des apports de fumures sur les caractères agro-morphologiques du riz pluvial strict.....	35

III.1.4 Effets des apports de fumures sur le poids de 1000 grains, la biomasse aérienne et le rendement paddy du riz pluvial strict.....	36
III.1.5 Effets des apports de fumures sur la composition chimique des pailles et des paddy du riz pluvial strict.	37
<i>III.2 DISCUSSION</i>	39
III.2.1 Sols et potentialités agronomiques initiales de la parcelle d'étude à Farako-Bâ.....	39
III.2.2 Effets des apports de fumures sur les caractéristiques chimiques des sols de la parcelle d'étude à la récolte du riz.	39
III.2.3 Effets des apports de fumures sur les caractères agro-morphologiques du riz pluvial strict.....	41
III.2.4 Effets des apports de fumures sur le rendement paddy, la biomasse aérienne.	42
III.2.5 Effets des apports de substrats sur la composition chimique des pailles et des paddy du riz pluvial strict.	42
Conclusion.....	44
Recommandations	45
PERSPECTIVES.....	45
Références Bibliographiques.....	46
ANNEXES	x

Dédicace

A Mon père BAMBARA Seydou

Et

A Ma mère DAGANON Azaratou dite Eglantine
Laurentia.

*Pour vos multiples sacrifices, conseils et encouragements,
MERCI !*

Remerciements

Le présent mémoire est l'aboutissement d'un processus de formation au cours duquel nous avons bénéficié du soutien de plusieurs personnes envers lesquelles nous exprimons notre profonde reconnaissance. Nos remerciements s'adressent particulièrement:

- ❖ **Au Docteur Ibrahima OUEDRAOGO**, Directeur de la Direction Régional de Recherches Environnementales et Agricoles de l'Ouest (DRREA-Ouest) et chef du Programme riz et riziculture station de recherche Farako-Bâ pour nous avoir accepté en stage et pour son soutien dans la mise en place de cet essai agronomique ;
- ❖ **au Docteur Alain P.K. GOMGNIMBOU**, chargé de recherche au Programme Elevage et Environnement, notre maître de stage, qui malgré ses multiples occupations, s'est investi pleinement pour la réussite du stage à travers un soutien indéfectible tant moral, matériel que financier;
- ❖ **au Professeur Bismarck Hassane NACRO**, notre **Directeur de mémoire**, Enseignant Chercheur à l'Institut de Développement Rural (IDR) pour ses critiques et suggestions qui ont contribué à l'amélioration de la qualité scientifique du document;
- ❖ **au Docteur Bernard BACYE**, notre Co-Directeur de mémoire, Enseignant Chercheur à l'Institut de Développement Rural (IDR) et Directeur de l'IDR pour sa disponibilité malgré ses multiples fonctions et surtout ses critiques et suggestions qui ont contribué à l'amélioration de la qualité scientifique du document ;
- ❖ **à tous les Enseignants-Chercheurs** de l'IDR de l'Université Nazi Boni, pour la qualité de la formation reçue.
- ❖ **à Monsieur Abdramane SANON** Doctorant en sciences du sol, pour avoir guidé avec égard ce travail. Nous lui sommes reconnaissant pour sa disponibilité, ses conseils et son abnégation dans la rédaction du document;
- ❖ **à vous, les membres du jury**, qui avez accepté de participer à l'évaluation de ce mémoire. Je vous adresse mes sincères remerciements pour le temps consacré et vos remarques avisées afin d'améliorer la qualité scientifique du mémoire;
- ❖ **à Messieurs Ardjouma OUATTARA, Amoro OUATTARA, Patrick Roméo TRAORE, Soungalo OUATTARA, Achille BENAO et à Mme Myriam KONATE** pour leur sympathie, leur appui et leur encadrement durant la période de stage;
- ❖ **à tous nos camarades de promotion, nos camarades stagiaires** (DA Y. Sophie, FOFANA Sékou et Maxime SALLE) **et à nos ami(es)** pour leurs contributions.
- ❖ à tous ceux ayant contribué de près ou de loin à notre formation ;
- ❖ à tout le personnel de la DRREA-Ouest ;
- ❖ à tous ceux dont les noms n'ont pu être cités.

Sigles et abréviations

ADRAO : Association pour le Développement de la Riziculture en Afrique de l'Ouest

APRAO : Amélioration de la Production de Riz en Afrique de l'Ouest en réponse à la flambée des prix des denrées alimentaires

BP: Burkina Phosphate

CEC : Capacité d'Echange Cationique

DADI : Direction des aménagements et du développement de l'irrigation

DGESS : Direction Générale des Etudes et des Statistiques Sectorielles

DGPER : Direction Générale de la Promotion de l'Economie Rurale

DRREA : Direction Régionales Environnementales et Agricoles de l'Ouest

DSS : Direction des Statistiques Sectorielles

EPA : Enquête permanente agricole

FAO: *Food and Agricultural Organisation*

FKR: Farako-Bâ Riz

FV: Fientes de volaille

GRN/SP: Gestion des Ressources Naturelles/Système de Production

IDR: Institut du Développement Rural

INERA: Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles

JAS : Jour Après Semis

MAAH : Ministère de l'Agriculture et des Aménagements Hydrauliques

MAFAP: *Monitoring and Analysing Food and Agricultural Policies*

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

MASA : Ministère de l'Agriculture et de la Sécurité alimentaire

OXFAM: *Oxford committee for Famine relief*

UNPR-B : Union Nationale des producteurs du Riz du Burkina

UNB : Université Nazi Boni

Liste des tableaux

Tableau I: Teneur en éléments physico-chimiques de la fiente de volaille	26
Tableau II: Liste des fumures ayant fait l'objet d'étude	27
Tableau III: Caractéristiques chimiques des sols de l'essai avant semis	34
Tableau IV: Caractéristiques chimiques des sols de l'essai à la récolte du riz.	34
Tableau V: Effets des fumures sur les caractères agro-morphologiques du riz pluvial strict.....	36
Tableau VI: Effets des fumures sur le poids de 1000 grains, la biomasse aérienne et le rendement paddy du riz pluvial strict.....	37
Tableau VII: Effets des fumures sur la composition chimique des pailles et des paddy de riz pluvial strict récolté.	38

Liste des figures

Figure 1: Plant de riz	6
Figure 2: Épillet uniflore du riz.....	6
Figure 3: Coupe transversale du paddy	7
Figure 4: Evolution de la production et des superficies rizicoles au Burkina Faso	15
Figure 5: Représentation des surfaces emblavées en 2012 selon les types de riziculture.....	17
Figure 6: Situation géographique de la DRREA-OUEST.....	23
Figure 7: Pluviosité des dix (10) dernières années dans la station de Farako-Bâ	24
Figure 8: Pluviométrie de la station de Farako-Bâ en 2016.....	25

Liste des Annexes

Annexe I: Caractéristiques agro morphologiques de la variété FKR59 (WAB99-84).	x
Annexe II : Normes d'interprétation des analyses chimiques (BUNASOLS).....	xi
Annexe III: Liste des fumures appliquées dans les parcelles élémentaires et plan de masse de l'essai.....	xii
Annexe IV : Résultats d'analyse de compost et analyse granulométriques	xiii

Résumé

Un des défis majeurs auquel le Burkina Faso est confronté est de booster la production agricole nationale et cela pourrait se faire par la promotion de la culture du riz pluvial strict. Cette étude a été initiée pour apporter une contribution à l'amélioration de la production du riz pluvial strict. A cet effet, un essai a été conduit à la station de recherches de Farako-Bâ, sur une parcelle qui était en jachère pendant plus de dix ans. L'essai a été mis en place selon un dispositif en blocs de Fisher complètement randomisés. Notre étude a porté sur 6 traitements répétés 4 fois. Ainsi, les effets des fumures de Fientes de Volaille (FV) (7,5t/ha), FV(7,5t/ha)+ BP(500kg/ha), FV(7,5t/ha)+ Urée(100kg/ha), FV(7,5t/ha)+ BP(500kg/ha)+ Urée(100kg/ha), NPK(200kg/ha)+ Urée vulgarisée(100kg/ha), et ceux du témoin absolu sur les paramètres chimiques du sol, les paramètres agro morphologiques du riz pluvial strict d'une part, le rendement paddy, le poids de biomasse aérienne, le poids de 1000 grains et la composition chimique des récoltes d'autre part ont été évalués. L'analyse des variances et la séparation des moyennes par le test de Student Newman Keuls au seuil de 5 % a montré que la fertilisation à base de fientes de volaille a amélioré significativement le pH_{eau}, le phosphore (P) total, le P assimilable ainsi que le potassium disponible du sol. Les traitements FV + BP + Urée et FV + Urée ont significativement amélioré la hauteur des plants, le tallage et le nombre de feuilles du riz pluvial strict. Le meilleur rendement paddy est obtenu par le traitement FV+ Urée avec 3,34 t.ha⁻¹ soit une augmentation de rendement de 102 % par rapport au témoin. Le meilleur rendement paille a été obtenu par la FV+ BP+ Urée avec 3,98 t.ha⁻¹ contre 1,63 t.ha⁻¹ pour le témoin. La composition chimique des pailles et des paddy à travers les teneurs en azote, phosphore et potassium a aussi été significativement améliorée par la FV+ BP+ Urée. En somme, les résultats obtenus ont montré que l'apport de FV combinée au BP + l'urée et de FV combinée à l'urée seule ont permis une amélioration des paramètres du sol, un meilleur développement végétatif, une amélioration des rendements et une amélioration de la composition chimique des pailles et paddy du riz pluvial strict. Dans l'optique donc de favoriser une plus grande disponibilité en éléments nutritifs dans un système de culture à base de riz pluvial strict, l'apport de fientes de volaille + BP +Urée devrait être favorisée.

Mots clés : Burkina Faso, Fientes de volaille, Riz pluvial strict, Chimie du sol, Rendement.

Abstract

One of the main challenges facing Burkina Faso is to boost national agricultural production and this could be done by promoting the cultivation of upland rice. This study was initiated to contribute to the improvement of the production of upland rice. To this end, an experiment was carried out at the Farako-Bâ research station on a plot which had been fallow for more than ten years. The test was set up using a fully randomized Fisher block design. Our studies talk about six treatments four times repeated. So the effects of fertilizers from Poultry Manure (PM) (7,5t/ha), PM(7,5t/ha)+ BP(500kg/ha), PM(7,5t/ha)+ Urea(100kg/ha), PM(7,5t/ha)+ BP(500kg/ha)+ Urea(100kg/ha), NPK(200kg/ha)+ Urea(100kg/ha), and those of absolute control on soil chemical parameters, agro morphological parameters of upland rice On the one hand, the paddy yield, the weight of above-ground biomass, the weight of 1000 grains and the chemical constitution of the crops were evaluated on the other hand. The analysis of variances and the separation of the averages by the Student Newman Keuls test at the 5 % threshold showed that the fertilization based on poultry manure significantly improved pH, total phosphorus, exchangeable phosphorus as well as soil exchangeable potassium. PM + BP + Urea and PM + Urea significantly improved plant height, tillering and leaves of upland rice. The best paddy yield is given by PM + urea with $3.34 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, ie a yield increase of 102 % compared to the control. The best straw yield was obtained by the PM + BP + Urea with $3.98 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ against $1.63 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ for the control. The chemical constitution of straw and paddy through the nitrogen, phosphorus and potassium levels was also significantly improved by PM + BP + Urea. In sum, the results obtained showed that the application of PM combined with BP and urea and PM + urea resulted in improved soil parameters, better vegetative development, improved yields and improved straw chemical constitution and paddy of upland rice. Therefore, in order to increase nutrient availability in an upland rice cropping system, the supply of Poultry Manure + BP + Urea should be favored.

Keywords: Burkina Faso; Poultry Manure; Upland rice, Soil chemical, Yield.

INTRODUCTION

Au Burkina Faso, le secteur agricole constitue une composante essentielle de l'économie; il contribue pour 35 % au Produit Intérieur Brut (PIB) du pays et emploie 82 % de la population active (Barry, 2016). Les céréales constituent la base de l'alimentation des populations et le riz est la quatrième céréale cultivée au Burkina Faso tant sur le plan de la superficie que sur celui de la production.

Toutefois, la production nationale de riz ne couvre pas les besoins, d'où des importations massives chaque année pour satisfaire une demande sans cesse croissante. En effet, le Burkina Faso importe chaque année environ 300 000 tonnes de riz d'une valeur estimée à 40 milliards de francs CFA pour sa consommation locale (MASA, 2013). L'augmentation de la production nationale du riz est un enjeu stratégique pour le Gouvernement au regard des mesures spécifiques prises ces dernières années et de l'importance des projets et programmes s'exécutant pour la promotion de la riziculture. Plusieurs documents de politiques nationales et d'institutions soutiennent la filière riz dans l'optique de la réalisation de l'autosuffisance en riz (MASA, 2013). L'adoption de la stratégie nationale de développement de la riziculture (SNDR) participe également à cette volonté d'améliorer l'environnement institutionnel, la qualité de la production du riz et de porter la production nationale de paddy à 907 600 tonnes, à l'horizon 2018. Selon Bila (2015) un moyen d'augmenter la production rizicole est de promouvoir la riziculture pluviale à faible coûts d'aménagement. La riziculture pluviale est prépondérante en Afrique de l'Ouest, où elle représente environ 40 % des superficies cultivées en riz (ADRAO, 2008). Mais dans les pays en développement où se situe la plus grande partie des zones de riziculture pluviale et les producteurs les plus pauvres, les exploitations sont de petites tailles avec des sols médiocres. Dans l'élaboration d'un système de riziculture pluviale durable, il faut considérer les mesures qui visent à préserver et augmenter la fertilité des sols et à conserver les eaux de façon prioritaire (ADRAO, 2008). Les engrais chimiques, qui sont recommandés pour compenser les pertes d'éléments nutritifs, sont trop chers pour les agriculteurs pauvres. Plusieurs stratégies ont été utilisées comme alternative intéressante pour résoudre les problèmes de fertilisation dans la production du riz pluvial strict (Segda, 2006 ; Tejada et Gonzalez, 2006 ; Sanon, 2015). Cependant, très peu d'études ont mis l'accent sur la valorisation des fientes de volaille associées au Burkina Phosphate pour l'amélioration de la fertilité des sols de riziculture pluviale stricte et pour l'amélioration de la production de cette culture dans la zone sud soudanienne du Burkina Faso. C'est dans ce contexte que la présente étude intitulée : *«Effets des fientes de volaille sur les propriétés chimiques du sol et le rendement paddy du riz pluvial strict en zone sud soudanienne du Burkina Faso.»* a été initiée avec pour objectif global de contribuer à l'amélioration de la production du riz pluvial strict. Spécifiquement, il s'est agi de:

- déterminer les effets de fumures sur les propriétés chimiques du sol dans un système de riziculture pluviale stricte ;
- évaluer les caractères agro-morphologiques du riz pluvial strict sous différents types de fumures à base de fientes de volaille ;
- déterminer l'effet des différents types de fertilisants sur le rendement du riz pluvial strict ;
- déterminer les effets des fumures sur la composition chimique des pailles et paddy récoltés.

Notre démarche a été construite autour des hypothèses de recherche suivantes:

- ✓ **H1**: la fertilisation à base de fientes de volaille améliore les paramètres chimiques du sol;
- ✓ **H2**: l'apport de fientes de volaille a un effet positif sur les caractères agro-morphologiques du riz pluvial strict;
- ✓ **H3**: l'apport de fientes de volaille permet une amélioration de la productivité du riz pluvial strict;
- ✓ **H4**: la productivité du riz pluvial strict est améliorée lorsque la fiente de volaille est combinée à la fertilisation minérale et au Burkina Phosphate;
- ✓ **H5**: l'apport des fientes de volaille améliore la composition chimique des pailles et des paddy du riz pluvial strict.

Le présent mémoire, qui fait la synthèse de notre travail s'articule autour de deux parties: la première partie qui aborde la revue bibliographique renseignée en chapitre I sur la connaissance de la plante de riz, en chapitre II sur la fertilisation du riz et en chapitre III sur la riziculture au Burkina Faso. La deuxième partie s'articule autour de l'étude expérimentale. Elle renseigne sur le matériel et les méthodes d'étude dans le chapitre IV et présente les résultats obtenus et la discussion dans le chapitre V.

PREMIERE PARTIE : REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre I: généralités

I. Connaissance de la plante de riz

I.1 Origine et systématique du riz

Le riz est une monocotylédone de l'ordre des Cyperales cultivée pour ses grains qui entrent dans l'alimentation humaine. Il appartient à la tribu des Oryzaea, au genre *Oryza* et à la grande famille des Poacées (Besançon, 1993). Deux espèces sont cultivées: le riz d'origine africaine (*Oryza glaberrima Steud*) peu productif qui a tendance à régresser en termes de superficie malgré les nombreuses qualités qu'on lui reconnaît et celui d'origine asiatique (*Oryza sativa Linné*) qui connaît une expansion et se rencontre aujourd'hui sur tous les continents (Adanabou, 2013). *O. glaberrima* aurait été domestiqué dans la vallée du fleuve Niger, il y a de cela 2000-3000 ans (Portères, 1962). Il comporte deux (2) écotypes (ADRAO, 1998) :

- un type précoce et sensible à la photopériode qui est cultivé en pluvial strict ou en zone de bas-fond modérément inondée ;
- un type flottant et photosensible qui est cultivé dans les plaines inondables.

O. sativa est d'origine asiatique et fut introduite en Afrique de l'Ouest par les Portugais dans les années 1500 (Portères, 1956). C'est une espèce à grande productivité qui, à maturité, a la panicule retombante (Kaboré, 2011). Selon Lacharme (2001b) *O. sativa* présente deux sous-espèces qui sont *indica* et *japonica*. Mais on reconnaît trois écotypes ou races éco-géographiques qui sont *indica*, *japonica* et *javanica* (Angladette, 1966) :

- Le type *indica*, originaire de l'Asie tropicale, est adaptée à la riziculture irriguée;
- Le type *japonica*, originaire de la zone tempérée et subtropicale de l'Asie. Cette sous-espèce est adaptée à la riziculture pluviale en Afrique de l'Ouest.
- Le type *javanica*, intermédiaire entre les types *indica* et *japonica*. Il regroupe essentiellement les variétés originaires de Java (Indonésie) et s'adapte bien à la riziculture pluviale.

Les caractères spécifiques de *O. glaberrima* résident essentiellement dans sa ligule courte, tronquée et ovale, dans le port dressé de sa panicule peu ramifiée portant des grains à glumelles glabres (Portères, 1956). Chez *O. sativa*, la ligule est longue et bifide et la panicule légèrement retombante à maturité. La panicule est cependant plus ramifiée et possède un plus grand nombre d'épillets.

I.2 Morphologie du riz

Le riz est une plante herbacée annuelle avec une tige ronde recouverte de feuilles sessiles plates en forme de lame et une panicule terminale (Sié *et al.*, 2009). C'est une plante très souple qui pousse aussi bien en zone inondée qu'en zone non-inondée. La plante du riz comprend des

organes végétatifs (racines, tige, feuilles) et des organes reproducteurs à savoir la panicule constituée d'un ensemble d'épillets (figure 1).

I.2.1 Racines

Le système racinaire du riz est fasciculé. Il est constitué de racines secondaires et de poils absorbants. La racine primaire croît à partir de la semence au moment de la germination puis est ensuite remplacée par des racines secondaires qui apparaissent au tallage à partir des nœuds souterrains de la jeune tige (Soma, 2014). Le développement du système racinaire dépend surtout du type de sol (Raemaekers, 2001).

I.2.2 Tiges ou chaumes

La tige du riz est constituée d'un certain nombre de nœuds et d'entre-nœuds dans un ordre successif (Lacharme, 2001b). Les entre nœuds ronds et creux sont extrêmement réduits à la base de la tige, mais s'allongent au fur et à mesure que le pied de riz grandit. La talle primaire pousse à partir du nœud le plus bas. Elle porte des feuilles et des bourgeons qui pourront donner naissance à des talles secondaires qui, elles même, pourraient donner des talles tertiaires. Le tallage s'arrête généralement à partir de l'initiation paniculaire qui marque la fin de la phase végétative.

I.2.3 Feuilles

La feuille de riz est essentiellement constituée de deux parties qui sont la gaine foliaire qui enveloppe la totalité de l'entrenœud et même dans certains cas le nœud suivant et le limbe (figure 1). A la jonction du limbe et de la gaine se trouvent une ligule et une auricule. La première feuille est appelée le prophyllum et la dernière feuille sous la panicule est la feuille paniculaire ou feuille drapeau. Son limbe est plus court et plus large que celui des autres feuilles (Angladette, 1966).

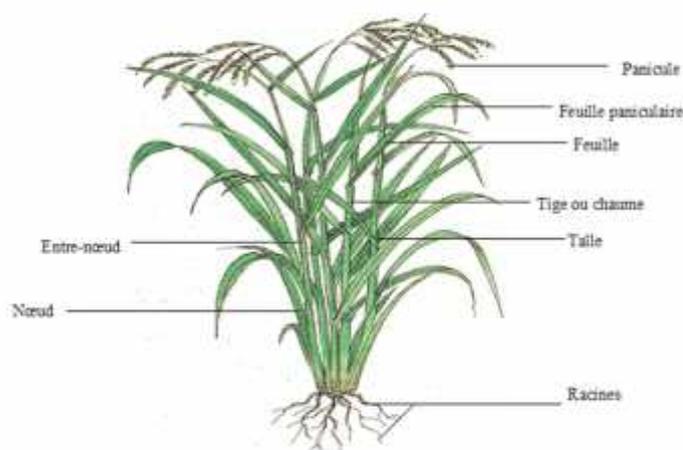


Figure 1: Plant de riz

Source : ADRAO 2003

I.2.4 Inflorescence du riz

L'inflorescence du riz est une panicule formée d'un groupe d'épillets qui se développe sur le dernier nœud de la tige. Elle est composée d'un pédoncule prolongé par un rachis aux nœuds plus ou moins rapprochés (Soma, 2014). Chaque épillet comporte un pistil fermé à carpelle unique et six étamines formées chacune de deux anthères soudées au bout du filet fin (figure 2). Le riz est une plante autogame (ADRAO, 1995).

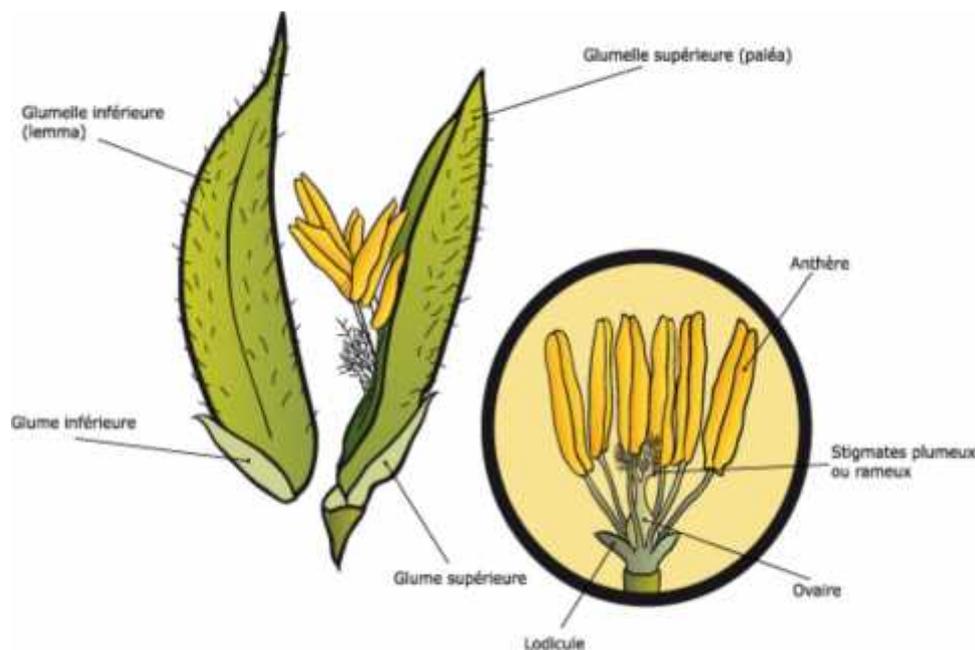


Figure 2: Épillet uniflore du riz

Source : Louant, 1996

I.2.5 Grain du riz ou paddy

Le fruit ou le riz paddy (Figure 3) est un caryopse comprenant des enveloppes (glumes, glumelles ou paléa et lemma) ; dans ces enveloppes se trouve l'endosperme qui sert de source alimentaire à l'embryon qui est lui-même fusionné avec l'endosperme (ADRAO, 1995). Les glumelles sont intimement reliées l'une à l'autre après la pollinisation et leur réunion forme l'apex. Le grain de riz ainsi enveloppé est dénommé "paddy" (figure 3).

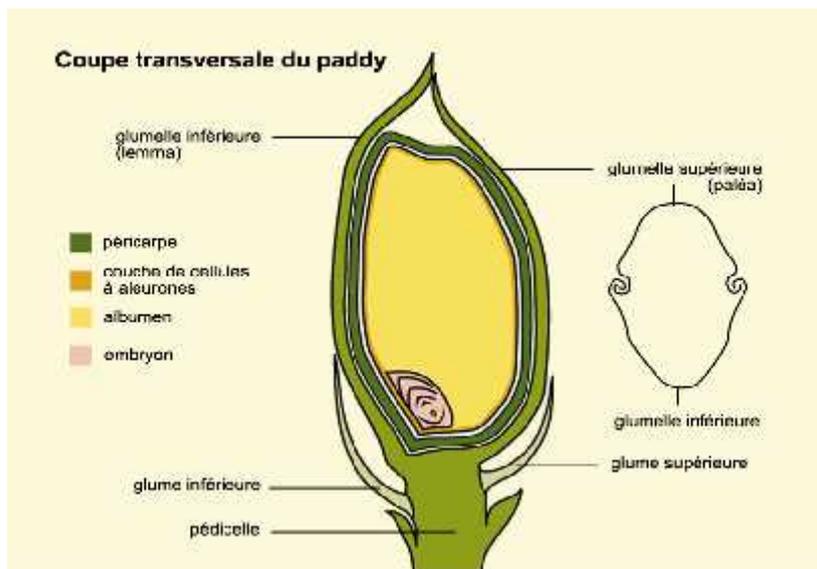


Figure 3: Coupe transversale du paddy

Source : Louant, 1996

I.3 Cycle de développement du riz

La période de croissance du plant de riz comprend dix stades repartis de 0 à 9 (Sié *et al.*, 2009). Le stade 0 correspond au stade de germination et le stade 9 à celui de la maturité. Le cycle du riz comprend trois phases: la phase végétative, la phase reproductive et la phase de maturation.

I.3.1 Phase végétative

La phase végétative va de la germination à l'initiation paniculaire. Selon Sié *et al.* (2009), la longueur de cette phase différencie les variétés à cycle court, moyen ou long. Elle comprend la germination, la levée et le tallage. Sa durée varie en fonction de la température. La levée va de l'émergence au stade 4 feuilles (Sié *et al.*, 2009). Le tallage commence au stade 5 feuilles mais sa durée varie en fonction du climat et de la variété. Il s'arrête à partir de l'initiation paniculaire (Lacharme, 2001b).

I.3.2 Phase reproductive

La phase reproductive va de l'initiation paniculaire à la fécondation. Elle comprend l'initiation paniculaire, la montaison, l'épiaison et la fécondation (Sié *et al.*, 2009). Elle est très sensible aux basses températures, à la sécheresse et à la salinité qui peuvent occasionner la stérilité des organes reproducteurs; ce qui se traduit par des grains vides (Moukoumbi, 2001).

I.3.3 Phase de maturation

La phase de remplissage se manifeste par un mouvement des éléments nutritifs de la plante vers les grains. Les grains passent des stades de grains laitieux à grains pâteux et enfin à grains durs. Le dernier stade est atteint lorsque 80 à 90 % des grains de la panicule sont mûrs (ADRAO,

1995). La durée de cette phase dépend des conditions de température et d'humidité du milieu (Sié *et al.*, 2009).

I.4 Exigences écologiques du riz

Le riz tolère un large éventail de conditions climatiques, pédologiques et hydrologiques (Soma, 2014).

I.4.1 Température

Le riz pluvial strict est sensible aux températures extrêmes. Selon Bougma (2013) le zéro de végétation se situe entre 10°C et 13°C tandis que la température optimale requise pour une bonne végétation se situe entre 30°C et 35°C. Au-dessus de 45°C, la germination est inhibée; les basses températures inférieures à 18°C ou celles très élevées provoquent une stérilité partielle ou totale des épillets (Arraudeau, 1998). La floraison exige une température minimum de 22°C et un maximum de 39°C (Angladette, 1966).

I.4.2 Lumière

Les actions de la lumière sur le riz sont fonction de la variété mais aussi des phases végétatives de la plante. Ces actions sont complexes et se combinent avec celles des autres éléments du milieu notamment la température (Angladette, 1966). Selon Bougma (2013), l'ensoleillement constitue un facteur important dans la production rizicole car le riz est une plante de jours courts et requiert un minimum de 400 heures d'ensoleillement.

I.4.3 Besoins en eau

Les besoins en eau du riz dépendent principalement de la durée du cycle, de la variété cultivée et du climat. Les zones favorables à la riziculture pluviale au Burkina Faso sont celles qui enregistrent une pluviosité au moins égale à 800 mm (INERA, 1994). L'eau nécessaire au riz pluvial provient essentiellement des pluies. C'est donc le démarrage de la saison des pluies qui fixera la date de semis du riz (Mayer et Bonnefond, 1973 cités par Kaboré, 2011).

I.4.4 Exigences édaphiques

Selon Ouattara (2014), chaque type de riziculture serait mieux adapté à un type de sol donné ; ainsi en riziculture pluviale, les sols qui conviennent sont les sols, à texture limoneuse ou limono-argileuse, meubles avec une bonne capacité au champ et drainant aisément. Le riz possède également une bonne tolérance à l'acidité avec un pH optimal compris entre 5,5 et 6 (Lacharme, 2001a).

I.4.5 Exigences trophiques

Divers facteurs trophiques contrôlent les différentes phases de croissance et de développement du riz. Pour se développer, le plant de riz a besoin de trois catégories d'éléments nutritifs (Arraudeau, 1998) que sont les éléments majeurs (N, P, K...), les éléments mineurs ou secondaires (Ca, Mg, S) et les oligo-éléments (Si, Zn, Fe).

I.4.5.1 Éléments majeurs

❖ Azote (N)

Cet élément est absorbé sous forme d'anion NO_3^- en riziculture pluviale et NH_4^+ en condition de riz submergé (ADRAO, 1995). Il joue un rôle fondamental dans la formation des tissus végétatifs et des organes reproducteurs (Tankoano, 2014). L'azote contribue à l'élaboration des nucléotides et des protéines (Epstein, 1972 cité par Bado, 2002). Son absence se traduit par le blocage du développement dès le tallage. Cet élément est également responsable de:

- l'augmentation du nombre de talles et de la croissance en hauteur;
- l'augmentation de la surface foliaire;
- la formation d'épillets fertiles par panicule et la teneur des grains en protéine (ADRAO, 1995).

L'azote est indispensable aux premiers stades de développement du riz (stade tallage) et à la phase de reproduction (initiation paniculaire). Compte tenu de ces fonctions et de sa mobilité dans le sol, il est recommandé de fractionner les apports.

- La première application a lieu au semis (riz pluvial) ou très tôt après le repiquage (et mieux le jour du repiquage) pour favoriser un tallage maximum.
- La deuxième application intervient peu avant ou à l'initiation paniculaire pour favoriser la formation d'un nombre maximal de panicule, et d'un grand nombre de grains par panicule (Segda, 2002).

❖ Phosphore (P)

Selon ADRAO (1995), le phosphore influe sur la croissance du plant de riz parce qu'il constitue une composante des cellules et il accroît la résistance des plantes face aux maladies telles que la pyriculariose et l'helminthosporiose. Il est particulièrement important aux premiers stades de croissance de la plante et à la phase de remplissage des grains.

Chez le riz le phosphore :

- stimule le développement des racines ;
- favorise la maturation précoce et la floraison;
- assure une croissance rapide des talles et une bonne régénération en cas de perturbations;
- stimule le bon développement des grains et en garantie une bonne valeur alimentaire ;

Le phosphore est appliqué en fumure de fond car il est peu mobile. Il est progressivement assimilé et au moment du remplissage des grains, il est facilement véhiculé des feuilles vers les grains (Segda, 2002).

❖ **Potassium (K)**

Il donne de la rigidité à la plante en la rendant plus résistante à la verse. Il régularise les mécanismes d'ouverture et de fermeture des stomates, se révélant ainsi un facteur de lutte contre la sécheresse.

D'après ADRAO (1995), chez le riz, le potassium :

- favorise le tallage et augmente la taille et le poids des grains ;
- augmente la réponse au phosphore;
- joue un rôle dans l'ouverture, la fermeture des stomates et la tolérance aux conditions climatiques défavorables;
- permet aux plantes de résister aux maladies telles que la pyriculariose et l'helminthosporiose (Angladette, 1966).

Comme le phosphore, il n'est pas lixivié et est appliqué comme fumure de fond. Cependant sur les sols légers, on peut l'apporter en fractions (fumure de fond et de couverture); mais, ces apports fractionnés sont moins efficaces que le potassium apporté en fumure de fond (Arraudeau, 1998 ; Segda, 2002).

1.4.5.2 Éléments mineurs ou secondaires (Ca, Mg, S)

Le Calcium (Ca), le Magnésium (Mg) et le Soufre (S) sont des éléments importants pour le riz mais en petite quantité. Selon ADRAO (1995), le calcium stimule la croissance et le développement normal des racines tandis que le magnésium quant à lui est un constituant de la chlorophylle. Le soufre joue un rôle important dans la respiration de la plante et intervient aussi dans la constitution de certaines protéines et enzymes (Arraudeau, 1998).

1.4.5.3 Oligo - éléments

Malgré les quantités très minimes, les oligo-éléments sont nécessaires à la vie de la plante. L'élément silice (Si) a des effets bénéfiques sur la croissance du riz (Arraudeau, 1998). Le zinc (Zn) est un élément très important chez le riz. Selon ADRAO (1995) il est étroitement impliqué dans le métabolisme de l'azote; l'élément fer (Fe) est lui un promoteur de la formation des chlorophylles quoique sa présence puisse entraver l'absorption du potassium par le plant de riz.

II Fertilisation du riz

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 en éléments nutritifs par des apports de matières fertilisantes (engrais). Elle revêt une grande importance en riziculture car elle permet un bon développement de la plante, une bonne fructification et un bon remplissage des panicules. En fertilisation, une bonne connaissance de l'état physique et chimique du sol est nécessaire pour rechercher et corriger les carences. Deux (2) types de fumures sont alors conseillés: la fumure organique et celle minérale. La fumure en riziculture a plusieurs objectifs (Angladette, 1966):

- pallier les carences ou les déficiences des sols de rizière en certains éléments majeurs (N, P, K) ou mineurs (Mg, Ca, S);
- accroître le potentiel global de fertilité du sol;
- compenser les exportations d'éléments par les récoltes;
- modifier la composition chimique et par voie de conséquence, la valeur nutritive du grain.

II.1 Fertilisation organique

Il s'agit de l'apport de matières organiques dans le sol. Ces apports sont essentiellement assurés par les résidus de récoltes, les pailles, le compost, le fumier et les engrais verts (Ouattara, 2014). La fertilisation organique vise à maintenir et à améliorer le stock de matières organiques du sol. Selon APRAO (2011) les sols de riziculture pluviale manquent souvent de matière organique. Les apports organiques dans le sol augmentent la capacité de rétention hydrique, la capacité d'échange cationique et apportent des éléments nutritifs aux plantes (APRAO, 2011). En effet, la matière organique est reconnue être le facteur principal des agrosystèmes car elle crée un environnement favorable à la production végétale à travers son impact sur les paramètres physiques (maintien de la structure), chimiques (constitution de réserves d'éléments nutritifs disponibles pour les plantes) et biologiques (constitution de réserves d'éléments énergétiques pour la faune du sol et la microflore) du sol (Traoré, 2012). Pour ces raisons, la matière organique est considérée comme un indicateur important participant à la définition de la fertilité des sols (Traoré, 2012). En outre, l'utilisation de la matière organique permet d'améliorer la disponibilité en phosphore (P) et de ce fait entraîne une meilleure croissance racinaire; Elle protège les plantules contre l'ensevelissement lors de tempêtes et réduit l'encroûtement de la couche superficielle du sol (Bationo et Buerkert, 2001). La fumure organique est apportée au moment du labour à raison de 5 à 10 tonnes à l'hectare (APRAO, 2011).

II.1.1 Compost

Le compostage est un processus naturel de «dégradation» ou de décomposition de la matière organique à travers lequel les matières premières organiques, telles que les résidus de culture, les déchets animaux, les restes alimentaires, certains déchets urbains et les déchets industriels appropriés, peuvent être appliqués aux sols en tant que fertilisant, une fois le processus de compostage terminé (FAO, 2005). C'est un moyen de recyclage et de restauration de la matière organique du sol (Fairhurst, 2015). En effet, la matière organique du sol joue un rôle important dans la durabilité de la fertilité, et donc pour une production agricole durable (FAO, 2005); en plus d'être une source d'éléments nutritifs pour les cultures, le compost améliore les propriétés biologiques et physico-chimiques du sol. Il améliore la stabilité structurale du sol et sa capacité de rétention en eau. Selon FAO (2005), ses avantages se manifestent par une réduction des risques d'agressions (maladies, sécheresse, toxicité) pour les cultures, des rendements plus élevés et une réduction des dépenses des agriculteurs pour l'achat d'engrais minéraux.

Les rendements des cultures de riz irrigué après quatre campagnes successives sont sensiblement améliorés avec les composts mais ils sont significativement inférieurs à ceux obtenus avec la fumure minérale vulgarisée (Segda *et al.*, 2001). De même, pour Ouédraogo *et al.* (2000), l'utilisation du compost entraîne un accroissement de la production du sorgho avec le temps, mais cet accroissement est inférieur à celui obtenu avec la fumure minérale vulgarisée et le fumier.

II.1.2 Fiente de volaille

Les fientes de volailles sont des excréments purs de couleur brune, produits par les poules élevées sans litière (Gazeau *et al.*, 2012). Ces matières ne doivent donc pas être confondues avec les fumiers qui sont des produits mixtes issus des élevages sur paille. Ce sont des produits pâteux à secs dont la teneur en matière sèche, variable selon leur état de déshydratation, est au moins égale à 20 %. Selon Gomgimbou *et al.* (2016), les fientes de volailles constituent un excellent fertilisant organique pour les cultures et pourraient avoir le même impact que le fertilisant minéral NPK. En effet, l'azote contenu dans les fientes de volailles est rapidement disponible pour la plante. Il en est de même pour les autres éléments fertilisants qu'elles contiennent. Elles sont à utiliser comme engrais riche en azote, en phosphore, en potassium et calcium avec un effet d'amendement basique sur le sol (Gazeau *et al.*, 2012).

Beaucoup de recherches ont démontré que des apports de fientes de poules augmentaient les niveaux de matière organique, la capacité d'échange cationique, le nombre de microorganismes et leurs activités (Guidi *et al.*, 1988 ; MacLaren et Cameron, 1996). L'apport de fientes de poule avec ou sans ajout des engrais minéraux influencerait considérablement tous les paramètres de

rendement du maïs grain. Le nombre d'épis par plante, le nombre de rangées de graines par épi, le poids de grains par épi, le poids de 1000 grains et le rendement en maïs grain ont été sensiblement affectés par l'apport des fortes doses de fientes de poule associées à la dose de référence des engrais minéraux réduite de moitié (Useni *et al.*, 2012).

II.2 Fertilisation minérale

La fertilisation minérale est la fourniture en éléments minéraux à la plante. Elle est généralement réalisée à travers les engrais minéraux azotés (NPK, urée, le sulfate d'ammonium), phosphatés (le TSP, les phosphates naturels), potassiques (chlorure de potassium, sulfate de potassium), et aussi la chaux magnésienne (Ouattara, 2014). L'apport d'engrais minéraux est nécessaire en riziculture pluviale pour couvrir les besoins nutritifs de la plante. Les engrais minéraux constituent un puissant moyen d'intensification de la production. Les rendements moyens des cultures céréalières dans les pays développés ont triplé et quadruplé depuis les années 1950 avec le développement d'engrais azotés. Les exigences du riz en éléments nutritifs dépendent de ses différentes phases de croissance et de développement (Segda, 2002). Selon ADRAO, (2008), presque tous les sols de riz pluvial strict ont une faible teneur en azote; les engrais azotés favorisent une croissance vigoureuse des plants de riz, la production de feuilles vertes et d'un grand nombre de talles et panicules. Toutefois les apports en trop grandes quantités ont pour conséquences la trop forte croissance végétative, un taux élevé de talles non reproductives et la verse.

S'agissant de la fertilisation, les quantités d'engrais minéraux à apporter peuvent être réduites, mais ne doivent pas être supprimées par l'apport d'engrais organiques ou d'engrais verts (ADRAO, 2008). Ainsi, pour les quantités d'engrais minéraux en riziculture pluviale, la recherche agronomique recommande d'apporter 150-200 kg de NPK par hectare comme fumure de fond, avant le semis, et en couverture 100 kg d'urée en deux (2) fractions soit 35 kg 15 jours après le semis et 65 kg à l'initiation paniculaire (Séré *et al.*, 1997).

Les leçons qu'on peut tirer des essais à long terme du maintien de la fertilité des sols établis dans la zone sud soudanienne permettent de conclure que l'utilisation des engrais minéraux sans le recyclage des résidus organiques résultent en une baisse des rendements avec le temps (Bationo et Mokwunye, 1991; Pichot *et al.*, 1981). Avec seulement l'application des engrais minéraux, on assiste à une baisse de la matière organique du sol, un lessivage des bases échangeables et l'acidification des sols (Mokwunye, 1981). L'intensification ne procède jamais durablement d'une fertilisation exclusivement minérale et s'accompagne toujours d'un développement de la fumure organique, condition de la valorisation des engrais.

II.3 Fertilisation organo-minérale

C'est la combinaison de la fertilisation minérale et organique. Elle permet d'assurer la disponibilité et l'alimentation dans le temps. La minéralisation progressive de la matière organique permet de maintenir la fertilité des sols pendant plusieurs années, donc une agriculture durable (Ouattara, 2014). La matière organique apporte à la fois plusieurs éléments nutritifs dont la plante a besoin. Sur le sol, les fumures organo-minérales permettent d'obtenir de meilleurs bilans azotés, un bilan positif en calcium, une stabilité ou une croissance du taux de matières organiques et partant, une amélioration de la capacité d'échange cationique (CEC) (Dabiré, 2007). Segda *et al.* (2001) estiment qu'une gestion intégrée des engrais minéraux et des fertilisants organiques pourrait contribuer à améliorer durablement la production rizicole.

Dans la zone soudanienne, Sedogo (1993) a montré que les rendements de sorgho diminuaient graduellement avec l'application des engrais minéraux et qu'ils ne pouvaient être maintenus qu'avec la combinaison du fumier et des engrais minéraux. De son côté, Sanon (2015) a démontré que la combinaison des rotations coton-riz avec apport de BP, compost et urée dans un système de culture intensive permet une amélioration significative des rendements du riz paddy qui génère des bénéfices économiques. Selon Lompo (2009), les fertilisations minérales ou organo-minérales améliorent effectivement:

- les formes du phosphore dans le sol (P total, P minéral, P organique, et P assimilable),
- le bilan partiel du phosphore dans les sols,
- la solubilisation des phosphates naturels de Kodjari (Burkina Faso) ;

Sur le plan agronomique, il n'est pas conseillé d'apporter de grandes quantités de phosphore (P) soluble sur des parcelles, en culture continue sans apports de matières organiques (Lompo, 2009). Sur de telles parcelles il y a de grands risques de forte fixation du P apporté, faiblement réversibles. Par contre, sur des parcelles recevant régulièrement des apports combinés d'engrais minéraux et de matières organiques, les risques de fixation du P des engrais solubles sont moindres et le P qui serait malgré tout fixé, est facilement désorbé (Lompo, 2009).

III Riziculture au Burkina Faso

III.1 Production et importance économique

Selon DGESS/MAAH (2016), la production du riz est estimée à 325 138 tonnes pour la campagne 2015/2016. Elle connaît une baisse de 6,44 % par rapport à la campagne 2014/2015 (347 501 tonnes) et une hausse de 9,56 % par rapport à la moyenne quinquennale (296 759 tonnes). Le bilan céréalier définitif fait ressortir un déficit brut estimé à 393 816 tonnes de riz (DGESS/MAAH, 2016). La valeur ajoutée de la filière riz local est estimée à 8 milliards de FCFA (soit 0,31 % du PIB) dont 6 milliards de FCFA environ proviennent de la production (MASA, 2013). Les marges bénéficiaires dégagées par les producteurs après déduction des coûts de production sont de l'ordre de 60 000 FCFA/ha en riziculture pluviale, 82 000 à 125 000 FCFA en riziculture de bas-fonds (non aménagés et aménagés), et 168 000 à 270 000 F CFA en riziculture irriguée (DGPÉR, 2009). Cette contribution relativement faible s'expliquerait par le caractère précaire des productions dans les ménages ruraux pauvres dont l'essentiel des productions est autoconsommé. Sur la période 2007-2014, la production du riz paddy s'est accrue passant de 68 916 tonnes en 2007/2008 à 305 382 tonnes en 2013/2014 tandis que les superficies sont passées de 40 534 ha à 138 852 ha contre une progression des rendements d'environ 41,7 % (figure 4). 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).

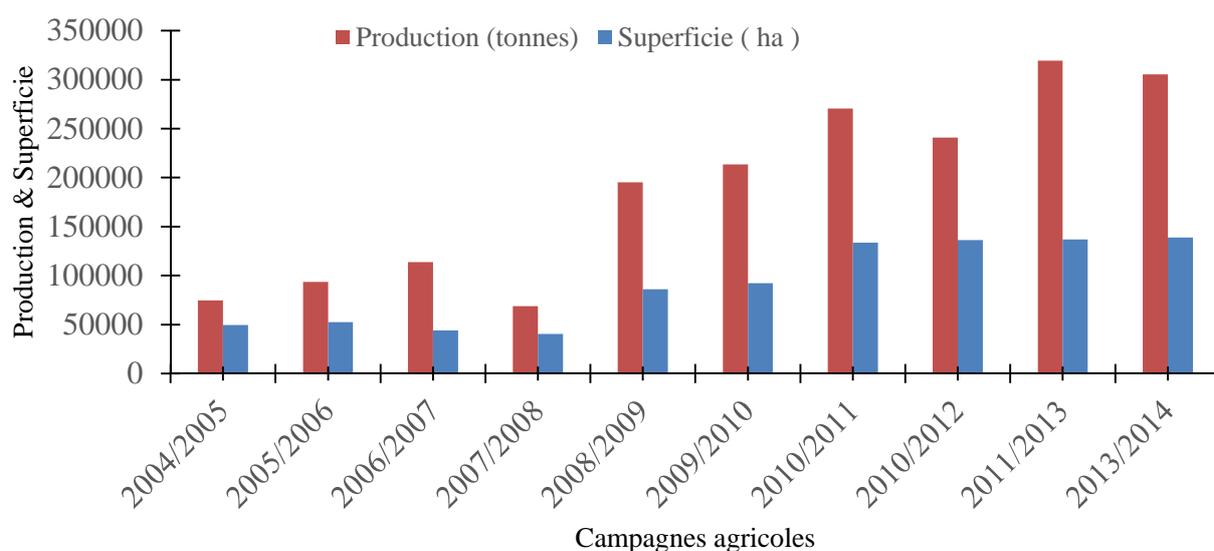


Figure 4: Evolution de la production et des superficies rizicoles au Burkina Faso

Source : DSS/DGESS/MARHASA, (2014).

Selon FAO (2014), la consommation annuelle de riz par habitant est passée de 18 kg en 1999 à 35 kg en 2013 et atteint 50 kg par habitant dans les centres urbains de Ouagadougou et de Bobo-Dioulasso. Par ailleurs, il occupe 8,6 % des dépenses alimentaires des ménages au Burkina Faso. Ces dépenses sont de 14 % en milieu urbain et 7 % en milieu rural (MAFAP, 2013). Le riz produit localement est bien apprécié des consommateurs nationaux mais le contexte social caractérisé par la pauvreté, la grande taille des ménages et la faiblesse des revenus monétaires conduit les populations à s'orienter vers le riz importé (Traoré, 2016). En effet, plus de la moitié des besoins nationaux en riz sont couverts par les importations qui ont culminés à 362 027 tonnes en 2014 (CIR-B, 2015).

III.2 Différents types de riziculture

On distingue trois types de riziculture au Burkina Faso: la riziculture de bas-fond, la riziculture irriguée et la riziculture pluviale stricte.

III.2.1 Riziculture de bas-fonds

On distingue trois types de bas-fonds au Burkina Faso: les bas-fonds traditionnels, les bas-fonds à aménagements simples et les bas-fonds améliorés. Ils sont essentiellement alimentés par les eaux de pluie et de ruissellement provenant des reliefs environnants (Traoré, 2000). En 2012, la contribution de la riziculture de bas-fonds (aménagé et non aménagé) à la production rizicole nationale était de 42 % pour 61 % des surfaces emblavées (EPA, 2012). Le rendement moyen variant de 1,3 t/ha dans les bas-fonds non-aménagés à 2,5 t/ha dans les bas-fonds aménagés (UNPR-B et OXFAM, 2011).

III.2.2 Riziculture irriguée

La riziculture irriguée bénéficie aussi bien des eaux de pluie que de celles d'irrigation. Elle constitue le mode le plus performant de production de riz dans le pays. Elle occupe 23 % des superficies rizicoles et fournit près de 48 % de la production nationale en riz avec des rendements de 4 à 7 t/ha (UNPR-B et OXFAM, 2011). Elle a occupé 30 % des superficies rizicoles en 2012 (figure 5).

III.2.3 Riziculture pluviale stricte

La riziculture pluviale stricte désigne le type de riziculture pour lequel l'alimentation en eau des plantes est assurée uniquement par les eaux des pluies. Le riz pluvial strict est cultivé sur des terrains à la topographie diverse (ADRAO, 2008). En 2012, les superficies consacrées à la riziculture pluviale stricte étaient estimées à 12 337 ha soit 9 % des superficies rizicoles pour une

production de 27 273 tonnes (EPA, 2012). Selon Traoré (2016), les rendements moyens en riz paddy sont en général faibles et se situent à 1075 kg/ha. La riziculture pluviale stricte est pratiquée en grande partie dans les régions des Hauts-Bassins, des Cascades, du Sud-Ouest, du Centre-Sud et une partie du Mouhoun, du Centre-Ouest, du Centre-Est et de l'Est. La riziculture pluviale stricte est largement tributaire de la pluviosité et de sa répartition dans le temps (OXFAM et UNPR-B, 2011). Cependant, elle pourrait revêtir une grande importance pour la production nationale pour peu qu'elle puisse s'insérer dans le système de rotation pratiqué en particulier dans les zones cotonnières. Ces régions citées enregistrent des hauteurs d'eau supérieures à 800 mm par an, ce qui permet aux cultures de disposer des quantités d'eau nécessaires pour boucler leur cycle de développement (OXFAM et UNPR-B, 2011).

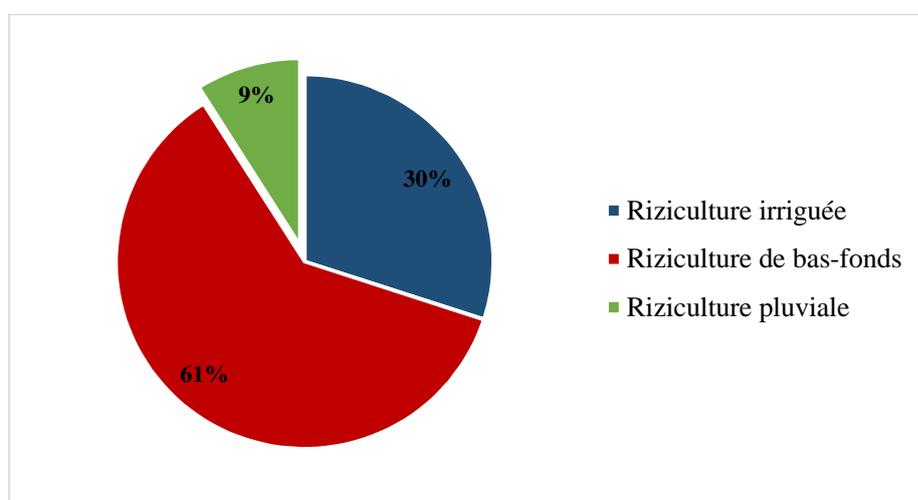


Figure 5: Représentation des surfaces emblavées en 2012 selon les types de riziculture

Source : EPA, 2012.

III.3 Contraintes de la production rizicole au Burkina Faso

La riziculture au Burkina Faso connaît des difficultés qui peuvent être regroupées en contraintes socio-économique, abiotique et biotique qui limitent la production.

III.3.1 Contraintes socio-économiques

Les producteurs de riz sont dans l'ensemble de petits producteurs avec une superficie moyenne exploitée par an d'environ 1 ha sur les grands périmètres, contre moins d'un demi hectare dans les petits périmètres et les bas-fonds. L'approvisionnement en intrants reste à ce jour l'un des gros goulots d'étranglement de la filière riz (Bila, 2015). Les engrais (NPK, urée), sont pour la plupart importés et, au mieux, reconditionnés dans le pays. Pour l'ensemble des exploitants, le taux d'utilisation des semences améliorées est relativement faible (32 %) dans ce système.

L'autoconsommation demeure l'objectif principal de production en riziculture pluviale car 98 % des exploitants ont uniquement cet objectif contre seulement 2 % qui produisent pour le marché (MASA, 2013). Par ailleurs, d'autres cultures pluviales, notamment le coton, entrent en concurrence avec le riz pluvial (Adanabou, 2013). S'ajoute à tout cela une mauvaise organisation dans le circuit de commercialisation du paddy. Dans le système de production du riz pluvial, les principales dépenses concernent les semences, les engrais, les pesticides, le fumier, les entretiens et réparations de matériel, la main d'œuvre et les amortissements du matériel de travail mais les plus grandes dépenses concernent les achats d'engrais, de semences et de fumier; sur 100 F CFA de paddy vendu, 29 FCFA vont à ces dépenses (Bila, 2015).

III.3.2 Contraintes abiotiques

Elles ont trait essentiellement au climat et au sol. Parmi les contraintes de la production du riz pluvial strict, la plus importante est, sans conteste, la quantité et la répartition des pluies. Le riz pluvial strict est particulièrement sensible au manque d'eau durant les 6 ou 7 jours qui suivent les semis mais aussi et surtout durant la phase reproductive (Ouattara, 2014). Les fortes insulations et les hautes températures contribuent à exacerber l'évapotranspiration potentielle (ETP). Une autre contrainte non négligeable concerne le sol. L'érosion est une contrainte majeure lorsque la texture de la couche arable est grossière. Sur les sols accidentés et en condition de culture itinérante, les fortes pluies accélèrent considérablement l'érosion (ADRAO, 2008). Toujours selon ADRAO (2008), la vitesse d'appauvrissement des sols est accélérée, ce qui oblige les agriculteurs à défricher de nouvelles parcelles après un ou deux ans pour s'assurer une bonne récolte. Les sols de riziculture pluviale sont le plus souvent acides à faible teneur en azote, en phosphore, en soufre et en fer (ADRAO, 2008).

III.3.3 Contraintes biotiques

Il existe plusieurs ennemis du riz qui sont: les adventices, les insectes, les nématodes, les oiseaux et les maladies.

III.3.3.1 Les adventices

Les adventices concurrencent les plants de riz pour avoir les éléments nutritifs, l'eau et la lumière. Chez le riz pluvial, la concurrence des adventices peut être si forte que, sans une lutte efficace en temps voulu, la récolte serait complètement compromise. Ils intensifient les problèmes de maladies, d'insectes et d'autres ravageurs en leur servant d'hôtes ou de refuge (ADRAO, 2008). Les graminées, les carex et les adventices annuels à grandes feuilles constituent la flore néfaste au riz pluvial.

III.3.3.2 Les insectes

L'environnement du riz pluvial est très peu favorable aux insectes qui se nourrissent de feuilles; mais, il convient très bien aux insectes du sol (ADRAO, 2008) du fait que celui-ci n'est pas inondé en condition de riziculture pluvial strict. Les principaux ravageurs se répartissent en quatre ordres:

- Lépidoptères: *Chilo zacconius* Bleszynski et *Chilo diffusilineus* J de Joannis ou foreurs rayés de tiges sont les principaux nuisibles connus dans cet ordre;
- Diptères : la mouche diopside (*Diopsis spp*) et la cécidomyie du riz (*Orseolia oryzivora*) sont des insectes nuisibles aux jeunes plants de riz;
- Isoptères: les Microtermes sont un ennemi redoutable du riz pluvial;
- Coléoptères: l'hispe du riz, *Trichispa sericea* est surtout rencontré en riziculture irriguée et en riziculture de bas-fond.

III.3.3.3 Les nématodes

Plusieurs types de nématodes sont signalés sur le riz notamment les nématodes à galle et les nématodes à kyste. Les nématodes qui se nourrissent des racines sont les plus dangereux dans les conditions de riz pluvial (ADRAO, 2008). Parmi les nématodes parasites du riz on peut citer: *Aphelenchoïdes besseyi*, *Meloidogyne spp*, *Heterodera spp* et *Hirschmanniella spinicaudata*.

III.3.3.4 Les oiseaux

Le mange-mil, *Quelea quelea* L., est le plus connu et le plus dangereux dans une grande partie de l'Afrique sahélienne et soudanienne (Dakouo, 2009). A maturité, le riz peut subir l'attaque de ces oiseaux réduisant considérablement la production.

III.3.3.5 Les maladies

Le riz pluvial est en général cultivé sur des sols en conditions d'aérobic. L'absence d'eau de submersion crée autour des plants de riz des microclimats différents qui favorisent le développement de certaines maladies. Selon ADRAO, (2008) les principales maladies rencontrées chez le riz pluvial sont:

- La pyriculariose (*Pyricularia oryzae* ou *Magnaporthe grisea*): c'est une maladie cryptogamique qui peut entraîner 90 % de perte de rendement (Séré et Sy, 1997).
- L'helminthosporiose (*Helminthosporium oryzae* ou *Bipolaris oryzae*): c'est une maladie fongique signalée dans tous les pays rizicoles du monde.

La pourriture à sclérotés de la gaine (*Rhizoctonia solani*), la pourriture de la gaine (*Acrocyndrium oryzae*), la maladie d'Udbatta (*Ephelis oryzae*), le faux charbon (*Ustilaginoïdea*

virens), l'échaudure des feuilles (*Rhynchosporium oryzae*) et le changement de couleur des glumes sont d'autres maladies rencontrées en riziculture pluviale stricte (ADRAO, 2008).

III.3.4 Effets des pratiques de fumure sur les caractéristiques des sols

La fumure combine un ensemble de matières fertilisantes qui sont apportées à la plante. Les fumures minérales et organiques sont les deux principaux types connus en production agricole (Ouattara, 2014). Elles sont employées en amendements ou en engrais. Les engrais sont principalement destinés aux cultures tandis que les amendements s'adressent aux sols. Les amendements sont incorporés généralement en grande quantité aux sols pour améliorer leur qualité physique (structure), chimique (acidité) et biologique (humus) (Bougma, 2013). Ils contiennent aussi souvent des quantités non négligeables d'éléments nutritifs.

Selon ANGLADETTE (1966), comme appliquée sur toute culture, la fumure en riziculture a plusieurs objectifs:

- pallier les carences ou les déficiences des sols de rizière en certains éléments majeurs ou mineurs;
- accroître le potentiel global de fertilité du sol;
- compenser les exportations d'éléments par les récoltes;
- éventuellement modifier la composition chimique et par voie de conséquence, la valeur nutritive du grain.

Conclusion partielle

Le riz est devenu un produit très stratégique et prioritaire pour tous les Etats de l'Afrique subsaharienne. La consommation de riz augmente très rapidement du fait de la croissance démographique importante et de l'évolution des habitudes alimentaires. De tous les types de riziculture, la riziculture pluviale stricte est le type le moins productif. L'augmentation de la quantité de riz produite passe donc par l'amélioration de la production du riz pluvial strict à faible coût d'aménagement. Cependant, l'un des problèmes majeurs qui limitent la production du riz pluvial concerne la fertilité des sols. En effet, les engrais minéraux coûtent chers et leur utilisation unique et prolongée dégrade le sol. L'utilisation de matière organique seule ou, dans une autre mesure, la combinaison de la matière organique avec les engrais minéraux pourrait être une alternative pour réduire les coûts de production d'une part et réduire la pollution due aux engrais chimiques d'autre part.

DEUXIEME PARTIE : ETUDE EXPERIMENTALE

Chapitre II : Matériel et méthodes

II.1 Matériel

II.1.1 Site d'étude

- **Situation géographique**

La présente étude a été conduite en 2016 à Farako-Bâ sur le site de recherche de l'INERA. Ce site est situé en zone soudanienne du Burkina Faso à 10 km au Sud-ouest de Bobo-Dioulasso sur l'axe Bobo-Banfora (figure 6). Les coordonnées géographiques du site se situent entre le 11°06 de latitude Nord et le 4°20 de longitude Ouest à 405 m d'altitude.



Figure 6: Situation géographique de la DRREA-OUEST

Source : IGB, 2002

- **Climat**

Le climat de Farako-Bâ à l'image de la zone ouest du Burkina Faso est dominé par un climat tropical soudano sahélien. La pluviométrie est variable d'une année à l'autre. Son climat comprend deux (2) saisons dont une humide et l'autre sèche. La saison sèche s'étale en moyenne entre octobre-novembre et mars-avril. Quant à la saison pluvieuse, elle dure de mi-avril à la mi-novembre (Fontes et Guinko, 1995)

La figure 7 présente la pluviométrie des dix (10) dernières années dans la station de Farako-Bâ et la figure 8 présente l'évolution de la pluviométrie enregistrée sur la station de Farako-Bâ au cours de l'année 2016.

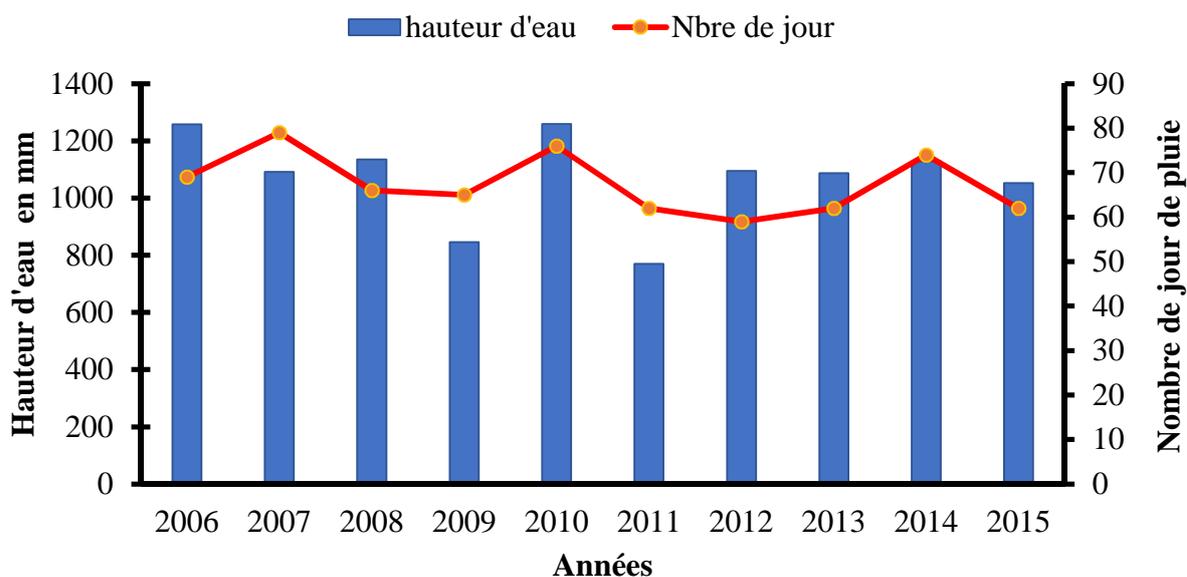


Figure 7: Pluviométrie des dix (10) dernières années dans la station de Farako-Bâ

Source : (INERA Farako-Ba)

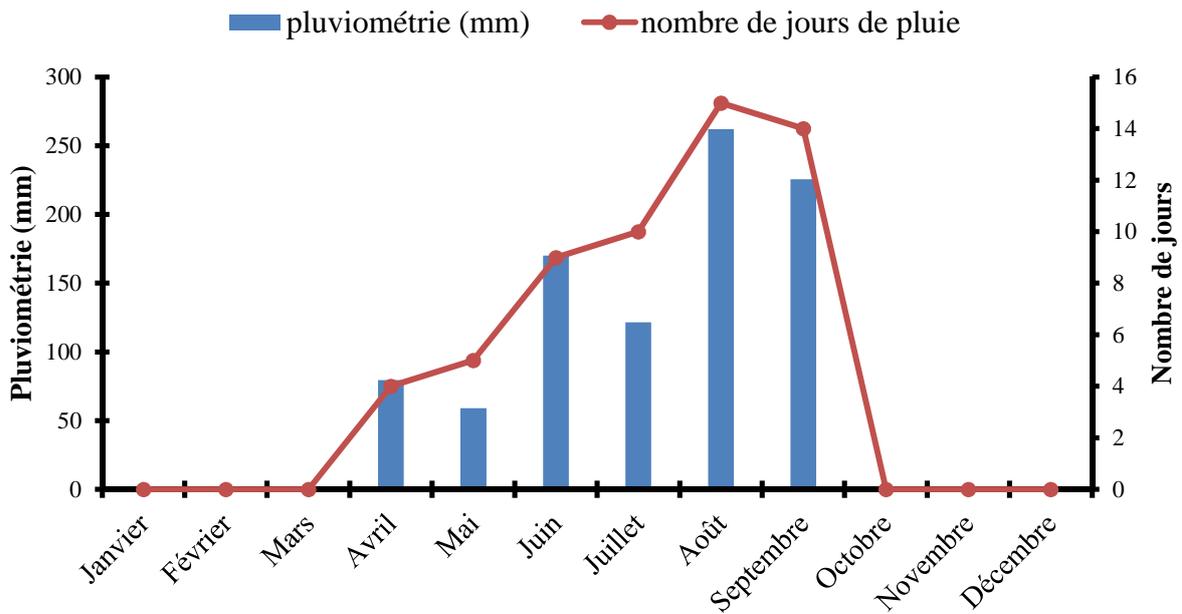


Figure 8: Pluviométrie de la station de Farako-Bâ en 2016

Source : INERA Farako-Bâ, 2016

- **Végétation**

La station de Farako-Bâ se situe dans le domaine Sud-soudanien (Fontès et Guinko, 1995). Elle a une végétation naturelle de type savane arbustive et arborée. On trouve des forêts claires aux abords des bas-fonds et le long des cours d'eau. Les espèces comme *Parkia biglobosa* Jacq., *Detarium microcarpum* Guill. et Perr, *Vittelaria paradoxa* C.F.Gaertn, *Gmelina arborea* Roxb, *Mangifera indica* L., *Khaya senegalensis* A. Juss. et *Tamarindus indica* L. constituent essentiellement la strate ligneuse, tandis que la strate herbacée se compose fondamentalement d'espèces telles que *Andropogon sp*, *Indigofera sp*, *Loudetia togoensis* Pilg., *Eragrostis tremula* Hochs., *Brachiaria sp* et de *cyperus sp* (Dabiré, 2007).

- **Sols**

Les sols de Farako Bâ ont une profondeur moyenne de 40 à 100cm (INERA/RSP, 1994). Selon Bougma (2013), ils sont en majorité de type ferrugineux tropical. Ils sont pauvres en argile et en matière organique, ce qui explique la faible capacité d'échange cationique (CEC). Ce sont des sols à texture sablo limoneuse, légèrement acide (pHeau varie entre 5 et 5,5) et pauvre en azote et phosphore (Bado, 2002).

II.1.2 Matériel d'étude

II.1.2.1 Matériel végétal

La variété de riz utilisée est la FKR59 (WAB 99-84). Elle est originaire de l'institut agricole de Campinas à Sao Paulo (Brésil). Son cycle semis-maturité est de 95-100 jours pour un rendement potentiel de 5 t.ha⁻¹. Nous nous sommes procuré les semences à la station de recherche de Farako-Bâ.

Les caractéristiques agro-morphologiques de FKR59 (WAB 99-84) sont inscrites en annexe I.

II.1.2.2 Types de fertilisants

Les fertilisants utilisés ont été les suivants :

- Le NPK (14-23-14) ;
- L'urée (CO (NH₂)₂) dosant à 46 % N;
- Le Burkina Phosphate avec: P₂O₅ = 25, 38 %; CaO = 34, 45 %; MgO = 0,27 %; Ferral = 6, 5 % ; SiO₂ = 26, 24 % a été la source de Phosphore ;
- La fiente de volaille : il s'agit ici des déjections de poules pondeuses mélangées à la litière faite à base de son de riz. Le tableau I donne les teneurs en éléments physico-chimiques de la fiente de volaille.

Tableau I: Teneur en éléments physico-chimiques de la fiente de volaille

Nature	pHeau	M.O (%)	N (%)	C/N	P_total mg/kg	K_total mg/kg
fiente de volaille	6,05	84,62	2,13	23	992	15841

Source : Bambara, (2017)

II.2 Méthodes d'étude

II.2.1 Dispositif expérimental

L'expérimentation a été conduite à la station de recherches agronomiques de Farako-Bâ sur un terrain qui était en jachère pendant plus de dix (10) ans. L'essai a été mis en place suivant un dispositif en blocs de Fisher complètement randomisés.

La superficie totale de l'essai était de 517,5 m² (34,5 m x 15 m) et celle des parcelles élémentaires était de 9 m² (3 m x 3 m) chacune. Les parcelles élémentaires étaient séparées par des allées de 0,5 m et les répétitions par des allées de 1 m. Le tableau II présente la liste des fumures utilisées et l'annexe III présente quant à elle la liste des traitements initiaux et le plan de masse global de l'essai.

Tableau II: Liste des fumures ayant fait l'objet d'étude

Libellé	Composition
F1:Témoin absolu	Aucune fumure
F2:NPK + Urée	Fumure minérale NPK (14 -23-14) (200kg/ha) + Urée vulgarisée (100kg/ha)
F3: FV	Fientes de volaille (7,5 t/ha)
F4: FV + Urée	Fientes de volaille (7,5 t/ha) + Urée vulgarisée
F5: FV + BP	Fientes de volaille (7,5 t/ha) + BP (500 kg/ha)
F6: FV +BP + Urée	Fientes de volaille (7,5 t/ha) + BP (500 kg/ha) + Urée vulgarisée

II.2.2 Conduite de l'essai

II.2.2.1 Préparation du terrain

Le terrain expérimental a été défriché, dessouché manuellement et labouré à l'aide d'un tracteur à une profondeur de 25 cm, suivi d'un hersage. Ensuite, un planage manuel a été réalisé pour préparer le lit de semis, suivi enfin d'un piquetage et d'un étiquetage pour la délimitation des parcelles élémentaires. Lors du piquetage, le matériel utilisé était constitué principalement du mètre ruban, de cordes et de piquets. La délimitation a commencé avec la matérialisation des angles droits aux quatre (4) côtés de la parcelle de l'essai avec la méthode utilisant le théorème de Pythagore. La procédure a consisté d'abord à délimiter la parcelle puis à l'intérieur de celle-ci, on a procédé à la délimitation des blocs et des parcelles élémentaires à l'aide des piquets.

II.2.2.2 Semis

Après la préparation du sol, un semis direct a été effectué à l'aide d'un rayonneur sur quinze (15) lignes de trois (3) mètres de long suivant les écartements 0,20 m x 0,20 m. La quantité de semences utilisée était de 80 kg/ha, soit 72 g par parcelle élémentaire. Avant semis les semences ont été traitées au fongicide « cruiser » (Métalaxyl-m 3,3g/l ; Fludioxonyl 8,34g/l ; Thiaméthoxam 350g/l).

II.2.2.3 Fertilisation

- La fiente de volaille a été apportée à raison de 7,5 t/ha. L'apport a été fractionné de sorte à n'apporter qu'une première fraction de 2/3 de la dose au labour soit 5 t/ha 5 jours avant semis. La deuxième fraction de 1/3 de la fiente de volaille soit 2,5 t/ha a été appliquée 45 JAS.
- Le Burkina Phosphate a été apporté 5 jours avant semis à raison de 500 kg/ha.
- Le NPK (14-23-14) a été apporté 15 JAS à raison de 200 kg à l'hectare.

- L'urée utilisée comme source d'azote à raison de 100 kg (46 kg N) a été apportée en deux fractions :

Ñ La première fraction a été appliquée 30 JAS à raison de 35 kg/ha ;

Ñ La deuxième fraction a été appliquée 45 JAS à raison 65 kg/ha.

II.2.2.4 Entretien des cultures

Un premier sarclage manuel à la daba est intervenu 15 JAS suivi d'un démariage pour une densité de 2 plants vigoureux par poquet et du repiquage des poquets manquants.

Un deuxième sarclage manuel est intervenu 30 JAS puis un troisième sarclage le 45^{ème} JAS.

Des diguettes ont été relevées sur les bordures des parcelles élémentaires pour réduire les interactions entre blocs dues aux eaux de ruissèlement et un suivi régulier de la parcelle d'essai a été effectué tout au cours du cycle de développement de la culture pour veiller à la bonne conduite de l'essai.

II.3 Collecte des données

II.3.1 Collecte des données agro-morphologiques

Pour les caractères agro-morphologiques, les observations ont porté sur la hauteur des plants, le nombre de talles, le nombre de feuilles et la densité de semis. Sur 3 lignes centrales choisies au hasard, 3 poquets sont à leurs tours choisis de façon aléatoire par ligne dans chaque parcelle élémentaire. On obtient ainsi un total de 9 poquets soit 18 plants à raison de 2 plants par poquets. Une marge de 4 poquets a été laissée pour éviter les effets de bordures.

- **La densité de semis** a été déterminée par comptage des plants levés sur 3 lignes centrales à 30 JAS pour chaque traitement.
- **La hauteur des plants** (en cm) a été mesurée de la base de chaque plant à son sommet à l'aide d'une règle graduée sur 0,40 m pour trois (3) lignes centrales dans chaque traitement à 30, 45 et 60 jours après semis; la moyenne de la somme des hauteurs de 18 plants dans chaque parcelle a été calculée.
- **Le nombre de feuilles** a été déterminé par comptage manuel sur trois (3) lignes centrales de 0,40 m chacune pour chaque traitement 30, 45 et 60 jours après semis; Le nombre de feuilles moyen de 18 plants dans chaque parcelle utile a été calculé.
- **Le nombre de talles** a également été déterminé par comptage manuel au niveau des 18 plants par traitement à 30, 45 et 60 jours après semis. Les moyennes ont été ensuite estimées pour chaque traitement. Le nombre de talles/m² a été obtenu en multipliant cette moyenne par le nombre de pieds au mètre carré.

II.3.2 Evaluation des rendements

Pour l'évaluation des rendements nous avons, dans chaque parcelle élémentaire, éliminé les trois premiers poquets de bordure. Les données récoltées concernent donc la parcelle utile (PU) ainsi obtenue qui est un carré de 2 m de côté soit une superficie de récolte de 4 m².

- **Le rendement paddy** est mesuré par pesée à l'aide d'une balance électronique après battage et vannage du riz. La masse moyenne de chaque traitement est déterminée en faisant la somme des différentes masses par bloc rapporté ensuite aux quatre blocs. La masse moyenne est à son tour rapportée à la surface de la PU soit 4 m² pour trouver le rendement moyen par traitement donné. Le rendement paddy est calculé comme suit :
Rendement (t/ha) = (M*10⁻²)/4
- **Le poids de 1000 grains** est mesuré par fumure en comptant mille grains et en les pesants sur une balance électronique.
- **Le rendement paille** est également mesuré à l'aide d'une balance électronique après séchage de la paille. La masse moyenne de paille des traitements pour les quatre blocs est rapportée à la surface de récolte de 4 m² pour trouver le rendement. Le rendement paille est obtenu comme suit : **Rendement (t/ha) = (m*10⁻²)/4.**

NB: M = masse moyenne de paddy en gramme des 4 répétitions et m = masse moyenne de paille en gramme des 4 répétitions

II.3.3 Echantillonnage du sol et des plants de la parcelle expérimentale

❖ *Echantillonnage du sol*

Les échantillons de sol qui ont fait l'objet de différentes analyses au laboratoire ont été prélevés comme suit :

Les échantillons de sol ont été prélevés par parcelle élémentaire, par fumure et par répétition à l'aide d'une tarière de 20 cm après la récolte. On obtient ainsi 40 échantillons composites de sol. Chaque échantillon composite a été constitué par mélange de 5 échantillons primaires prélevés sur les diagonales de la parcelle élémentaire. Les échantillons ont été broyés, tamisés à 2mm puis analysés au laboratoire Sol-Eau-Plante du programme GRN/SP pour déterminer le pHeau, le Carbone organique total du sol, l'Azote total du sol, le Phosphore total du sol, le Potassium total, le Phosphore assimilable du sol, le Potassium disponible, la Somme des Bases Echangeables, la Capacité d'Echange Cationique, le Calcium échangeable, le Magnésium échangeable et le Sodium échangeable.

Quatre échantillons de sol prélevés avant essai ont également été analysés pour les mêmes paramètres et pour les fractions granulométriques (méthode densimétrique).

Détermination des paramètres chimiques

➤ Détermination des pH_{eau}

Le pH eau a été mesuré à l'aide d'un pH-mètre électronique dans une suspension de l'échantillon dans de l'eau distillée.

➤ Détermination du carbone total et de l'Azote total

Le carbone total, a été déterminé par la méthode de Walkley–Black (1934). Un échantillon de 0,5g de sol a été oxydé à froid par du bichromate de potassium en milieu sulfurique. L'excès de bichromate a été titré par le sel de MOHR ($\text{FeSO}_4 (\text{NH}_4)_6$) pour déterminer la quantité qui a réagi.

Concernant l'azote total, il a été déterminé après minéralisation par la méthode KJELDAHL (Hillebrand et *al.* 1953). Pour ce faire, 2,5 g d'échantillon de sol ont été attaqués à chaud par l'acide sulfurique concentré. Après ajout d'une pincée de catalyseur sélénium, le produit intermédiaire a été porté progressivement à chaud jusqu'à décoloration. Le dosage a été fait par calorimétrie automatique.

➤ Détermination du phosphore total

La détermination du phosphore total s'est effectuée suivant la méthode de Novansky *et al.* (1983). La minéralisation (par la méthode KJELDAHL) a été identique à celle de l'azote. Le molybdate d'ammonium utilisé en présence d'acide ascorbique donne une coloration bleue avec le phosphore. L'intensité de la coloration est proportionnelle à la quantité de phosphore. Le dosage se fait par calorimétrie automatique.

➤ Détermination du phosphore assimilable

L'extraction du phosphore assimilable a été faite selon la méthode Bray I (Bray and Kurtz, 1945). 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 en présence de fluorure d'ammonium. On a utilisé le rapport prise d'essai/solution d'extraction de 1/7. Les filtrats obtenus sont alors analysés par colorimétrie au spectrophotomètre. La densité optique des filtrats est fonction de la concentration en ions phosphore initialement présents.

➤ Détermination du potassium total

La minéralisation des échantillons de sol a été faite par la méthode KJELDAHL (Hillebrand *et al.* 1953). Après cette minéralisation, la solution aqueuse obtenue est diluée 10 fois avec de l'eau distillée, qui va passer au photomètre à flamme pour déterminer le K total.

➤ **Détermination du potassium disponible**

L'extraction du potassium a été faite avec 0.1 N d'acide chlorhydrique (HCl) et 0.4 N d'acide oxalique ($H_2C_2O_4$). Le potassium (K) est déterminé au photomètre à flamme par la comparaison des intensités de radiations émises par les atomes de potassium (K) avec celles des solutions standards. Il est soumis, en suite, à une centrifugation (pendant 5 mn). Il s'ensuit un filtrage de la solution à l'aide du papier filtre, puis le filtrat sert à obtenir le potassium (Walinga *et al.* 1989).

➤ **Détermination de la CEC**

On prélève 2,5 g de sol broyé à 2 mm (AFNOR, 1981). La détermination de la CEC selon la méthode de Metson comprend trois étapes: L'échantillon est d'abord saturé en ions ammonium (NH_4^+) par percolations successives d'une solution d'acétate d'ammonium ($CH_3CO_2NH_4$) à 1 mol/L. Après avoir éliminé l'excès d'ions ammonium par percolations d'alcool éthylique, on procède ensuite à leur échange par une solution de chlorure de sodium à 1 mol/L. Les ions ammonium déplacés sont dosés par spectro-colorimétrie sur la solution précédente, une fois filtrée. Les concentrations trouvées sont converties en cmol+/kg (centimoles de charges positives par kilogramme de sol).

❖ **Echantillonnage des plants**

Concernant les échantillons de paille, 50 grammes de pailles ont été prélevés par parcelle élémentaire, par fumure et par répétition. Chaque échantillon de paille a été séché à l'étuve (40°C pendant 48 heures) puis broyer avant d'être analysé au laboratoire Sol-Eau-Plante du programme GRN/SP pour déterminer la concentration en azote, en phosphore et en potassium.

Des échantillons de riz paddy ont également été prélevés pour analyse au laboratoire Sol-Eau-Plante du programme GRN/SP. En effet 100 grammes de riz paddy ont été prélevés par parcelle élémentaire, par répétition, broyés puis analysés pour déterminer également la concentration en azote, en phosphore et en potassium.

II.4 Analyse statistique des données

Les données récoltées ont préalablement été saisies à l'aide du tableur Microsoft Office EXCEL 2013 puis ont fait l'objet d'une analyse de variance à l'aide du logiciel Genstat Discovery 11th Edition. La séparation des moyennes a été faite par le test de Student-Newman Keuls au seuil de 5 %. Ce test permet de comparer toutes les paires de moyennes en contrôlant le risque alpha global (Ramousse *et al.*, 1996) c'est-à-dire les fluctuations dues aux erreurs d'échantillonnage qui peuvent induire des différences apparentes entre les traitements alors qu'ils sont réellement identiques.

Chapitre III : RESULTATS ET DISCUSSION

III.1 Résultats

III.1.1 Caractéristiques chimiques des sols de l'essai avant semis

Les résultats de l'analyse des propriétés chimiques du sol avant semis sont présentés dans le tableau III. Les données révèlent que le sol sur lequel a été implanté l'essai est acide avec un taux de matière organique et d'azote inférieurs à 1 %. On note que la teneur en phosphore total (P) est de 95,60 mg.kg⁻¹ de sol dont 2,66 % sont assimilables. La teneur totale en potassium est environ dix fois plus importante que celle de P total mais seulement 5,09 % de cette quantité est disponible pour les plantes. La somme des bases échangeables est de 1,01 Cmol.kg⁻¹ de sol pour une capacité d'échange cationique de 1,72 Cmol.kg⁻¹ de sol.

III.1.2 Effets de l'apport des fumures sur les caractéristiques chimiques des sols de l'essai à la récolte du riz.

Les résultats sur les caractéristiques chimiques des sols à la récolte sont présentés dans le tableau IV. L'analyse révèle que les traitements sont statistiquement identiques pour le taux de matière organique (P=0,05). De même, les apports de substrats n'ont pas significativement amélioré la capacité d'échange cationique et la somme des bases échangeables au seuil de 5 %. Par contre nous avons observé des différences significatives pour le pH_{eau} et le potassium disponible, et des différences hautement significatives pour le phosphore total et le phosphore assimilable. Le traitement F2 (NPK + Urée vulgarisé) a donné le pH_{eau} le plus faible (5,14) soit 0,28 unité en deçà du pH_{eau} du témoin absolu et 0,41 unité de moins que la meilleure valeur de pH_{eau} obtenue avec la fiente de volaille (5,55). Concernant le potassium disponible (K_{dispo}), la fumure minérale NPK + Urée a 25,13 % de K_{dispo} en moins par rapport au témoin. On note également que le traitement F2 a 46,71 % de K_{dispo} en moins par rapport à la fiente de volaille combiné au BP (traitement F5). En outre la fumure minérale seule présente le sol au stock de K_{dispo} le moins abondant. Les meilleurs teneurs de phosphore total quant à eux s'observent avec la fiente de volaille+ BP et la fiente de volaille+ BP+ Urée avec respectivement 122,60 et 119,34 mg.kg⁻¹ de sol dont seulement 6,54 % et 5,88 % sont assimilables.

Comparativement au témoin, l'utilisation de la fiente de volaille dans le cas des fumures FV+ BP+ Urée et FV+BP entraîne une augmentation de l'azote total de 23,53 % et de la MO de 21,67% et 28,33 % respectivement. Aussi, dans les sols ayant reçus les traitements F6 (FV+BP+Urée) et F5 (FV+BP) on observe une augmentation du P_{total} de 30,93 et 34,19 mg.kg⁻¹ respectivement par rapport au témoin.

Tableau III: Caractéristiques chimiques des sols de l'essai avant semis

	M.O														Taux_de satur (%)
pHeau	(%)	N (%)	C/N	P_total	P_ass	K_total	K_dispo	CEC	SBE	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺		
5,43	0,95	0,053	10,36	95,60	2,54	937,81	47,80	1,72	1,01	0,5475	0,3225	0,01109	0,1315	59,03	

Tableau IV: Caractéristiques chimiques des sols de l'essai à la récolte du riz.

Fumures	M.O														Taux_de satur (%)
pHeau	(%)	N (%)	C/N	P_total	P_ass	K_total	K_dispo	CEC	SBE	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺		
F1	5,42 ^{ab}	0,60	0,034	10,34	88,41 ^b	2,83 ^b	1011,26	52,19 ^{ab}	1,89	0,8425	0,4955	0,1961	0,01552	0,1354	44,52
F2	5,14 ^b	0,66	0,035	10,88	89,50 ^b	6,40 ^a	962,29	41,71 ^b	2,00	0,7356	0,4460	0,1715	0,01109	0,1070	43,99
F3	5,55 ^a	0,71	0,039	10,51	109,54 ^b	7,42 ^a	1121,45	60,24 ^a	2,09	0,9170	0,5451	0,2207	0,01330	0,1380	43,35
F4	5,36 ^{ab}	0,67	0,038	10,17	95,38 ^b	7,12 ^a	999,02	48,54 ^{ab}	2,00	0,8661	0,5203	0,2084	0,01109	0,1264	42,93
F5	5,48 ^{ab}	0,77	0,042	10,59	122,60 ^a	8,02 ^a	1035,75	60,98 ^a	2,01	0,8941	0,5203	0,2084	0,01330	0,1521	39,11
F6	5,36 ^{ab}	0,73	0,042	10,14	119,34 ^a	7,02 ^a	974,53	46,10 ^{ab}	2,11	0,7940	0,4707	0,1838	0,02217	0,1173	36,52
Probabilité	0,034	0,635	0,601	0,201	0,002	0,009	0,380	0,013	0,857	0,852	0,905	0,905	0,902	0,210	0,742
Significativité	S	NS	NS	NS	HS	HS	NS	S	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

NB : M.O(%): taux de matière organique ; N(%): taux d'azote ; P_total: phosphore total en mg.kg⁻¹ de sol ; P_ass: phosphore assimilable en mg.kg⁻¹ de sol ; K_total: potassium total en mg.kg⁻¹ de sol ; K_dispo: potassium disponible en mg.kg⁻¹ de sol ; CEC: capacité d'échange cationique en Cmol.kg⁻¹ de sol ; SBE: somme des bases échangeables en Cmol.kg⁻¹ de sol ; Ca²⁺: quantité de cations Ca²⁺ en Cmol.kg⁻¹ de sol ; Mg²⁺: quantité de cations Mg²⁺ en Cmol.kg⁻¹ de sol ; Na⁺ : quantité de cations K⁺ en Cmol.kg⁻¹ de sol ; Taux_de satur (%): taux de saturation du sol ; S: Significatif ; NS: Non Significatif ; HS: hautement significatif ;

F1 : témoin; F2: NPK+Urée; F3: Fientes de Volaille; F4: Fientes de volaille+ Urée; F5: Fientes de volaille+ Burkina Phosphate; F6: Fientes de volaille+ Burkina phosphate + urée.

Les traitements affectés d'une même lettre ne sont pas significativement différents (Test de Student-Newman Keuls à P = 0,05)

II.1.3 Effets des apports de fumures sur les caractères agro-morphologiques du riz pluvial strict

Les résultats des effets des six traitements sur l'évolution des paramètres agro-morphologiques du riz sont présentés dans le tableau V. Il ressort qu'à 30 jours après semis tous les traitements sont statistiquement identiques ($P=0,05$) pour la hauteur des plants. A partir du 45^{ème} jour après semis toutes les fumures sont meilleures par rapport au témoin mais égales entre elles. Au 60^{ème} jour après semis nous avons noté des différences beaucoup plus marquées. En effet, les plants les plus grands ont été observés avec la FV + BP+ Urée avec 107,58 cm et la FV + Urée avec 108,93 cm. Ces fumures ont été meilleures par rapport à la fumure minérale vulgarisée NPK + Urée qui, elle-même, a donné en moyenne des plants plus grands par rapport au témoin, soit une augmentation en taille de 16,25 cm.

Pour le nombre de talles, les traitements ont tous été statistiquement identiques au 30^{ème} et au 45^{ème} jour après semis. Au 60^{ème} jour après semis nous avons observé que toutes les fumures ont amélioré le tallage comparativement au témoin. Les fumures n'ont pas été significativement différentes les unes par rapport aux autres mais les meilleures moyennes de talles ont été observées avec la FV + BP+ Urée avec environ 75 talles/m².

Le nombre de feuilles n'a pas été affecté par les fumures à 30 jours après semis. Cependant, au 45^{ème} jour après semis, les fumures organo-minérales, minérales et organiques ont induit une augmentation du nombre de feuilles par rapport au témoin. Toutefois, les fumures n'ont pas été significativement différentes les unes des autres. Cette situation décrite au 45^{ème} jour après semis a été également observée au 60^{ème} jour après semis. Seulement, nous avons observé une amélioration générale du nombre de feuilles pour tous les traitements du 45^{ème} au 60^{ème} jour après semis. Le traitement FV + BP+ Urée a donné le meilleur nombre de feuille soit environ 16 feuilles par plant.

Tableau V: Effets des fumures sur les caractères agro-morphologiques du riz pluvial strict

Fumures	HP	HP	HP	NT/m ²	NT/m ²	NT/m ²	NF	NF	NF
	30JAS	45JAS	60JAS	30JAS	45JAS	60JAS	30JAS	45JAS	60JAS
F1: Témoin	33,99	64,55 ^b	81,91 ^b	33,69	47,36	47,88 ^b	4,65	7,34 ^b	9,45 ^b
F2: NPK+ Urée	39,18	81,02 ^a	98,16 ^{ab}	48,96	71,96	70,10 ^a	5,58	10,40 ^a	14,10 ^a
F3: FV	45,14	83,60 ^a	97,89 ^{abc}	59,03	76,69	69,49 ^a	6,21	12,06 ^a	14,41 ^a
F4: FV+ Urée	48,16	88,78 ^a	108,93 ^a	51,80	78,21	69,44 ^a	5,66	12,66 ^a	14,85 ^a
F5: FV+ BP	42,85	80,50 ^a	97,47 ^{abc}	53,70	70,87	68,71 ^a	5,82	11,67 ^a	14,63 ^a
F6: FV+ BP+ Urée	46,56	85,86 ^a	107,58 ^a	62,15	70,83	74,65 ^a	6,31	13,51 ^a	16,10 ^a
Probabilité	0,058	0,008	0,003	0,132	0,068	0,022	0,469	0,006	0,006
Significativité	NS	HS	HS	NS	NS	S	NS	HS	HS

NB : HP: hauteur des plants en centimètres ; NT/m²: nombre de talles par mètre carré ; NF: nombre de feuilles ; S: Significatif ; NS: Non Significatif ; HS: hautement significatif ; FV: Fientes de Volaille; BP: Burkina Phosphate ; JAS :jour après semis

Les traitements affectés d'une même lettre ne sont pas significativement différents (Test de Student-Newman Keuls à P = 0,05)

III.1.4 Effets des apports de fumures sur le poids de 1000 grains, la biomasse aérienne et le rendement paddy du riz pluvial strict.

L'analyse nous a montré une différence significative au seuil de 5 % entre les fumures pour le rendement paddy et hautement significative pour le rendement en paille du riz pluvial strict (tableau VI). Il est ressorti que les fumures Fientes de Volaille + Urée, Fientes de Volaille + BP + Urée et NPK + Urée étaient statistiquement identiques pour les rendements paddy et paille. Toutefois, ces fumures ont entraîné une augmentation de rendement paddy du riz respectivement de 102,42 %, 95,15 % et 82,42 % par rapport au témoin absolu. Par ailleurs, aucune différence significative n'a été observée entre les traitements pour le poids de 1000 grains. Nos résultats montrent ainsi donc que les apports à base de fientes de volailles ont eu une influence sur les rendements paddy et paille du riz pluvial strict par rapport au témoin.

Tableau VI: Effets des fumures sur le poids de 1000 grains, la biomasse aérienne et le rendement paddy du riz pluvial strict

Fumures	Rdt Paddy (t/ha)	Rdt Paille (t/ha)	Pds 1000 grains (gramme)
F1: témoin	1,65 ^b	1,63 ^b	29,75
F2: NPK+ Urée	3,01 ^a	3,39 ^a	30,30
F3: FV	2,61 ^{ab}	3,58 ^a	30,12
F4: FV+ Urée	3,34 ^a	3,89 ^a	31,35
F5: FV+ BP	2,84 ^a	3,12 ^a	30,60
F6: FV+ BP+ Urée	3,22 ^a	3,98 ^a	28,92
Probabilité	0,022	0,007	0,709
Significativité	S	HS	NS

NB : Rdt: rendement ; Pds: poids ; FV: Fientes de volaille ; BP: Burkina Phosphate ; S: Significatif ; NS: Non Significatif ; HS: hautement significatif ;

Les traitements affectés d'une même lettre ne sont pas significativement différents (Test de Student-Newman Keuls à P = 0,05)

III.1.5 Effets des apports de fumures sur la composition chimique des pailles et des paddy du riz pluvial strict.

De l'analyse des récoltes (tableau VIII), il ressort que les fumures ont influencé de façon significative non seulement les teneurs en azote et phosphore des pailles mais aussi les teneurs en azote, phosphore et potassium des paddy.

Les pailles issues des parcelles fertilisées avec le NPK + Urée ont été les moins riches en azote. Elles ont eu 0,1 unité d'azote en moins par rapport au témoin (0,95 % N = 9500 mg d'azote par kg de paille). Le meilleur taux d'azote a été observé dans les pailles issues des parcelles fertilisées avec la Fiente de Volaille + BP + Urée avec 0,29 unité N de plus que le témoin. Les autres traitements à base de fientes de volaille à savoir la Fiente de Volaille + Urée et la Fiente de Volaille seule ont tous été statistiquement identiques au témoin absolu pour la teneur en azote. Pour le phosphore (P), l'analyse a révélé que les teneurs de P_{total} dans les pailles issues des traitements témoin et Fumure minérale vulgarisée étaient statistiquement identiques. Toutes les fumures à base de fientes de volaille (FV, FV+ Urée, FV+BP et FV+ BP+ Urée) ont été elles aussi statistiquement identiques pour cette variable; mais elles ont différencié significativement du témoin et du NPK+ Urée avec des teneurs de phosphore allant de deux à trois fois la teneur de P du NPK+ Urée et du témoin (0,04 %).

Dans les paddy nous avons noté une amélioration de la teneur en azote et en phosphore mais une baisse de la teneur en potassium par rapport aux teneurs obtenues dans les pailles. Les paddy

issus du témoin ont présenté les valeurs les plus faibles avec 1,31 % d'azote, 0,21 % de phosphore et 0,51 % de potassium. La fumure minérale vulgarisée (NPK+ Urée) a amélioré la qualité du paddy de 6,1 % d'azote, de 55,02 % en phosphore et de 17,76 % en potassium comparativement au témoin. Les fumures à base de fientes de volaille ont donné des résultats encore meilleurs par rapport au témoin (tableau VII). Statistiquement la fumure Fiente de Volaille + BP + Urée est celle qui a donné la meilleure composition chimique de paddy; comparaison faite au témoin elle a induit une amélioration du taux d'azote de 17,55 %, de la teneur en phosphore de 135,18 % et de la teneur en potassium de 45,34 % dans les paddy.

Tableau VII: Effets des fumures sur la composition chimique des pailles et des paddy de riz pluvial strict récolté.

<i>Fumures</i>	<i>Paille</i>			<i>paddy</i>		
	<i>Azote total (%)</i>	<i>Phosphore total (%)</i>	<i>Potassium total (%)</i>	<i>Azote total (%)</i>	<i>Phosphore total (%)</i>	<i>Potassium total (%)</i>
F1: Témoin	0,95 ^{ab}	0,04 ^b	2,51	1,31 ^b	0,21 ^d	0,51 ^c
F2: NPK+ Urée	0,85 ^b	0,04 ^b	2,19	1,39 ^{ab}	0,33 ^c	0,60 ^b
F3: FV	1,02 ^{ab}	0,12 ^a	2,29	1,40 ^{ab}	0,45 ^b	0,74 ^a
F4: FV+ Urée	1,15 ^{ab}	0,09 ^a	2,32	1,48 ^{ab}	0,44 ^b	0,73 ^a
F5: FV+BP	0,90 ^{ab}	0,13 ^a	2,44	1,37 ^{ab}	0,40 ^b	0,69 ^a
F6: FV+ BP+ Urée	1,24 ^a	0,12 ^a	2,21	1,54 ^a	0,50 ^a	0,74 ^a
Probabilité	0,022	< 0,001	0,718	0,034	< 0,001	< 0,001
Significativité	S	THS	NS	S	THS	THS

NB : FV: Fientes de Volaille ; BP: Burkina Phosphate ; S: Significatif ; NS: Non Significatif ; THS: très hautement significatif. Les traitements affectés d'une même lettre ne sont pas significativement différents (Test de Student-Newman Keuls à P = 0,05)

III.2 DISCUSSION

III.2.1 Sols et potentialités agronomiques initiales de la parcelle d'étude à Farako-Bâ

La parcelle d'étude avait un pH de 5,43. Selon les normes d'interprétation du BUNASOLS (1990) (annexe II), ce sol à une acidité moyenne ($5,1 < \text{pH} < 5,5$) avec un taux de matière organique et un taux d'azote bas, le tout pour un rapport C/N ($10 < \text{C/N} < 15$) et un taux de saturation du sol ($40\% < \text{Taux de satur} < 60\%$) moyens. De même, les teneurs de potassium total ($500 < K_{\text{total}} < 1000 \text{ mg.kg}^{-1}$) et de potassium disponible ($25 < K_{\text{dispo}} < 50 \text{ mg.kg}^{-1}$) sont basses selon ces normes. Les niveaux de phosphore total et de phosphore assimilable quant à eux sont très bas et donc considérés comme défavorables aux cultures. Il en est de même pour la CEC ($< 5 \text{ Cmol.kg}^{-1}$) et la Somme des Bases Echangeables ($\text{SBE} < 1 \text{ Cmol.kg}^{-1}$) dont les valeurs très basses constituent également une condition défavorable aux cultures.

Ces caractéristiques de sol ont été obtenues après une jachère naturelle de plus de dix ans. Elles pourraient s'expliquer par un état de détérioration considérable du site avant sa mise en jachère, jachère qui aurait eu pour but de restaurer les paramètres du sol autrefois dégradés. Cette assertion serait conforme aux observations de Serpantié et Ouattara (2001) selon lesquelles seules de très longues jachères savent produire, et reconstituer si les conditions de fertilité minérale et de texture le permettent, un humus stable, capable de rapprocher le sol d'une teneur organique « de durabilité ».

Masse *et al.* (1998) montrent cependant que l'effet d'une jachère sur les caractéristiques physico-chimiques et biologiques des sols est essentiellement lié à la biomasse végétale produite, donc à la durée de la mise en jachère et au type d'espèces végétales présentes. Cela expliquerait les potentialités initiales du site d'étude car malgré la durée de plus de 10 ans, la jachère était naturelle ce qui donne un sol moins fertile que dans le cas d'une jachère améliorée de même durée.

III.2.2 Effets des apports de fumures sur les caractéristiques chimiques des sols de la parcelle d'étude à la récolte du riz.

Les fumures ont induit des effets différents sur les paramètres de sol que nous avons observé après les récoltes.

Concernant le pH_{eau}, le plus faible a été observé sur les parcelles ayant reçu du NPK + Urée. Cela s'expliquerait par le fait que les engrais minéraux acidifient les sols cela a également été remarqué par Agbede *et al.* (2008). Contrairement aux engrais minéraux, l'apport de fertilisants

organiques tels que la fiente de volaille améliore le pH du sol (Nyembo *et al.*, 2014). D'où les valeurs de pHeau des fumures FV + BP et FV supérieures au pHeau initial du site. Ces résultats sont similaires à ceux de Gani (2014) qui avait trouvé que la fiente de volaille améliore le pH du sol, les concentrations de matière organique, Azote, Phosphore, Potassium, Calcium, et Magnésium comparativement à l'engrais NPK. Ces observations confirment ceux d'autres travaux (Adeleye *et al.*, 2010 ; Imasuen *et al.*, 2015) qui ont également conclu à une amélioration du pH des sols fertilisés par la fiente de volaille par rapport au témoin.

Le phosphore total restant dans le sol est sans doute dépendant des quantités apportées par les fumures lors de la fertilisation, et des quantités exportées par les cultures par les récoltes, le phosphore étant peu mobile dans le sol. On observe que la fiente de volaille seule donne une teneur en P_{total} supérieure à celle du site avant essai. Cette situation serait liée à l'apport de cet élément par les fientes de volaille; en effet, les travaux de Farhad *et al.* (2009) et ceux de Gomgnimbou *et al.* (2016) attestent que les fientes de volaille sont riches en phosphore. Les meilleures quantités de phosphore obtenues par la Fiente de volaille+ BP et la Fiente de volaille + BP + Urée seraient quant à elles dues à l'apport supplémentaire de phosphore dans le sol grâce au BP. Mais, malgré ces teneurs, les quantités de phosphore assimilable restantes sont relativement faibles. Cela peut être dû à l'assimilation du phosphore par les cultures d'une part, et à la faible solubilisation du phosphore d'autre part. Ces observations corroborent celles de Lompo (2009) qui expliquent qu'à pH acide, à l'exception des phosphates naturels de Tilemsi dont la solubilisation reste élevée, celle des autres phosphates naturels de l'Afrique de l'Ouest est limitée.

Les teneurs de potassium observés à la récolte renseignent sur l'apport considérable de potassium par la fiente de volaille. En effet, quelle que soit la fumure, les teneurs de potassium restant dans le sol sont au moins égales à la teneur initiale du sol et cela malgré les exportations de l'élément par les pailles et les graines. A l'instar donc des observations faites d'autres auteurs (Farhad *et al.*, 2009 ; Amanullah *et al.*, 2010 ; Enujeke, 2013 ; Gani, 2014 ; Imasuen *et al.*, 2015), les nôtres confirmeraient l'idée selon laquelle la fiente de volaille est riche en potassium. La disponibilité de l'élément semble par ailleurs liée à la présence d'une source d'azote car les stocks de potassium disponibles restant dans le sol à la récolte sont plus faibles pour les fumures NPK + Urée, FV + Urée et FV + BP+ Urée. En effet, selon Loué (1979), lorsque le facteur azote est conduit au meilleur niveau possible, les exigences en potassium et la réponse du potassium augmentent. L'azote a donc favorisé l'utilisation du potassium par le riz pluvial strict.

III.2.3 Effets des apports de fumures sur les caractères agro-morphologiques du riz pluvial strict.

L'application des substrats a eu différents effets sur la croissance et le développement du riz pluvial strict. Les variabilités observées entre les traitements 45 jours après semis peuvent s'expliquer par l'apport d'urée dans les parcelles NPK + Urée, FV + Urée et FV + BP + Urée le 30^{ème} JAS d'une part et par la disponibilisation des éléments nutritifs de la fiente de volaille qui serait due à une rapide minéralisation d'autre part (Iqbal *et al.*, 2014).

L'apport de la deuxième fraction d'urée et du tiers restant de la fiente de volaille au 45^{ème} jour après semis a permis une amélioration de la hauteur, du nombre de talles et du nombre de feuilles du riz pluvial au 60^{ème} jour après semis. Cela est d'autant plus remarquable pour les fumures FV + BP + Urée et FV + Urée car celles-ci ont reçu des doses de chacun des deux fertilisants simultanément. Ces résultats corroborent ceux de Agbede *et al.* (2008) qui ont eux aussi obtenu un meilleur développement végétatif du sorgho par utilisation de la fiente de volaille tout comme dans notre situation avec le riz pluvial strict. Mais, de façon plus précise, c'est la combinaison de la fiente de volaille et d'urée avec ou sans BP qui semble donner le meilleur développement végétatif comme trouvé par d'autres travaux sur le coton (Mahasen *et al.*, 2012).

Nos résultats ont montré d'une façon générale, qu'il y'a une augmentation de la croissance des plants en présence d'une source d'azote. L'azote est l'élément fertilisant le plus important pour le riz (ADRAO, 1995). Il est très important pour la culture du riz car il stimule la croissance rapide en hauteur des plants (Hu *et al.*, 2014). Ceci pourrait expliquer la grande taille des plants que nous avons enregistrée avec les différentes fumures à base de fientes de volaille riche en azote selon les résultats d'analyse obtenus. Nos résultats sont similaires à ceux de Sanon (2015).

L'azote apporté par les fumures a aussi contribué à augmenter le nombre de talles (Lacharme, 2001a). Nos résultats sont en conformité avec ceux de Rahman (2013), Thieu (2014) et Sanon (2015) qui ont montré que l'azote influence positivement le tallage, quand il est absorbé pendant la phase végétative. Aussi, l'augmentation du nombre de talles obtenus dans les parcelles de fumure azotée semble avoir un impact positif sur l'augmentation du rendement paddy du riz pluvial strict (Thieu, 2014).

Enfin le nombre total de feuilles du riz pluvial strict a été amélioré et ce résultat s'assimile à celui de Law-Ogbomo et Remison (2009), qui avaient constaté une amélioration de la surface foliaire totale du maïs consécutive à l'augmentation du nombre total de feuilles sous apport de la fiente de volaille.

III.2.4 Effets des apports de fumures sur le rendement paddy, la biomasse aérienne.

L'étude que nous avons menée révèle une influence des substrats utilisés sur les quantités de paddy et de biomasse produites. La fiente de volaille seule a permis une amélioration significative des rendements (paddy et pailles) par rapport au témoin qui serait due à l'amélioration des conditions de sol (humidité, capacité de rétention en eau...) par la fiente de volaille (Gani, 2014) et à sa richesse en éléments nutritifs indispensables au riz pluvial strict. Ces résultats sont en accord avec ceux de Agbede *et al.* (2008), Adeleye *et al.* (2010), Ojeniyi *et al.* (2013), Gani (2014) et Imasuen *et al.* (2015) qui avaient constaté une amélioration des rendements suite à l'utilisation de la fiente de volaille respectivement sur le sorgho, l'igname, le taro, le jute et le gombo. Par contre, la fiente de volaille apportée seule n'a pas permis l'obtention d'un rendement paddy supérieur à la fumure minérale NPK + Urée. Cela serait imputable au fait que la fraction de la fiente de volaille apportée 45 JAS ait subi une minéralisation préalable avant utilisation des éléments par les plantes comme décrit par Nyembo *et al.* (2014) sur le maïs, mais aussi au fait que la fiente de volaille a une teneur en azote (2,13 %) inférieure à celle de l'urée (46 %). La combinaison de la fiente de volaille à l'urée permet ainsi donc d'assurer à la fois une disponibilité immédiate et une disponibilité dans le temps des éléments nutritifs. Du fait que l'azote soit l'élément fertilisant le plus important pour le riz (ADRAO, 1995) et que la fiente de volaille soit riche en azote, sa combinaison avec l'urée augmente le rendement paddy mais aussi la quantité de biomasse. Nos résultats sont similaires à ceux d'autres travaux sur diverses céréales (Akanza *et al.*, 2014 ; Nyembo *et al.*, 2014 et Akanza *et al.*, 2016). Ils s'assimilent également aux résultats des auteurs Amos *et al.* (2013) qui avaient obtenu une amélioration de la production de biomasse du maïs fourrager avec la fiente de volaille au Nigeria.

III.2.5 Effets des apports de substrats sur la composition chimique des pailles et des paddy du riz pluvial strict.

La composition des récoltes a été significativement influencée par le type de fumure. Selon Wopereis *et al.* (2008), les pailles de riz ont une teneur faible en azote. Nous avons également obtenu des teneurs en azote plus faibles dans les pailles comparativement aux paddy. La fumure FV + BP + Urée est statistiquement celle qui a induit une amélioration significative de la teneur des pailles en azote par rapport au témoin. Cela serait dû au caractère plus complet de cette fumure ce qui favoriserait les interactions entre éléments et augmenterait les niveaux minimum de N, P et K. C'est dans ce sens que Wopereis *et al.* (2008) avaient préconisé que l'application de phosphore devait être soutenue avec celle de l'azote. Le phosphore, favorise le

développement racinaire (ADRAO, 1995). Les teneurs élevées dans les pailles des parcelles fertilisées par de la fiente de volaille seule ou combinée confirment la richesse de ce substrat en phosphore comme obtenu par Gomgnimbou *et al.* (2016). Les racines auraient donc prélevé des quantités importantes de phosphore dont la majeure partie aurait été mobilisée dans les paddy pour laisser dans ces pailles des quantités relativement élevées par rapport au témoin et à la fumure minérale NPK + Urée. Par contre, les quantités de potassium dans les pailles sont statistiquement identiques quel que soit le traitement mais sont très supérieures aux teneurs retrouvées dans les paddy. Cela serait dû aux rôles structural et physiologique de cet élément qui est de donner de la rigidité à la plante en la rendant plus résistante à la verse et de régulariser les mécanismes d'ouverture et de fermeture des stomates pour lutter contre la sécheresse (Van Brunt et Sultenfuss, 1998).

De façon générale les traitements FV, FV + Urée, FV + BP et FV + BP + Urée donnent tous des teneurs en azote, phosphore et potassium significativement meilleures par rapport à la fumure minérale et au témoin. En somme, la composition chimique des récoltes semble améliorée suite à l'application de la fiente de volaille. Ces résultats abondent dans le même sens que ceux de Sangeetha *et al.* (2013) qui ont obtenu une amélioration de la composition chimique du riz avec le compost de la fiente de volaille. De même, Mikhailovskaya et Batchilo (2002) avaient noté que l'apport de la fiente de volaille humide a influencé la composition des grains de blé par des teneurs en protéines plus élevées. Amanullah *et al.* (2007) et Amanullah *et al.* (2010) sont également parvenus à la conclusion que la fiente de volaille améliore le rendement et la qualité des cultures.

Conclusion

L'étude que nous avons menée avait pour objectif de contribuer à l'amélioration de la production du riz pluvial strict par l'utilisation de la fiente de volaille combinée ou non au BP et/ou à l'urée. Les engrais minéraux sont chers et leur utilisation unique et prolongée dégrade les sols. Mais on peut améliorer les propriétés chimiques du sol et la production du riz pluvial strict par l'apport de fientes de volaille source d'azote.

En effet, les fumures à base de la fiente de volaille notamment la FV + BP + Urée et FV + BP ont entraîné une augmentation de l'azote total du sol de 23,53 % et du taux de la matière organique de 21,67 et 28,33 % respectivement comparativement au témoin. C'est également dans les sols ayant reçus les fumures FV + BP + Urée et FV + BP que nous avons observé une augmentation du P-total de 34,98% et 38,67 %. Cela vérifie notre première hypothèse qui stipulait que la fertilisation à base de fientes de volaille améliore les paramètres chimiques du sol. La fiente de volaille a également amélioré la hauteur, le tallage et le nombre de feuilles du riz pluvial strict ce qui vérifie la seconde hypothèse selon laquelle l'apport de fientes de volaille a un effet positif sur les caractères agro-morphologiques du riz pluvial strict. En outre, l'effet positif de la combinaison de la fiente de volaille au BP et à l'urée sur les rendements du riz paddy est clairement ressorti dans notre étude. Notre hypothèse H4 selon laquelle la productivité du riz pluvial strict est améliorée lorsque la fiente de volaille est combinée à la fertilisation minérale et au Burkina Phosphate est de ce fait vérifiée. L'application de la fiente de volaille en présence d'urée (FV + Urée) a augmenté les rendements paddy de riz de 102 % ce qui confirme l'hypothèse H3 qui stipulait que l'apport de fientes de volaille permet une amélioration de la productivité du riz pluvial strict. La composition chimique des pailles et des paddy du riz pluvial strict a enfin été amélioré de 17,55 % d'azote, 135,18 % de phosphore et 45,34 % de potassium par la FV + BP + Urée comparativement au témoin; notre hypothèse H5 selon laquelle l'apport des fientes de volaille améliore la composition chimique des pailles et des paddy du riz pluvial strict se trouve donc vérifiée.

Recommandations

Nos travaux se sont intéressés en une année aux effets des fumures sur les propriétés chimiques du sol et sur le rendement paddy du riz pluvial strict. A l'issue de ces travaux, nous recommandons à la recherche :

- de poursuivre cette étude sur plusieurs années afin d'évaluer la disponibilité en éléments nutritifs au cours d'un cycle de culture; ladite étude pourrait également permettre d'évaluer l'effet multi annuel des fumures sur les propriétés physiques, chimiques et biologiques des sols et la productivité du riz pluvial strict ;
- de faire une analyse économique plus fine qui permettrait de faire ressortir les avantages socio-économiques des options de fertilisation proposées ;
- de tester la fumure Fientes de Volaille+ NPK+ Urée avec les autres options de fumures déjà utilisées
- de rechercher la quantité adéquate de fiente de volaille à apporter à l'hectare car la dose de 7,5t/ha pourrait être contraignante pour des producteurs qui exploitent de grandes superficies

PERSPECTIVES

La combinaison des fumures de Burkina Phosphate et d'urée avec apport fractionné de la fiente de volaille, semble être un moyen de garantir une disponibilité optimale des nutriments notamment l'azote pour le riz pluvial strict. En guise de perspectives, nous préconisons donc:

- Aux producteurs des zones urbaines et péri urbaine, l'utilisation de la fumure Fiente de Volaille+ BP+ Urée car ce mode de gestion de la fertilité semble permettre une utilisation plus efficace de l'azote
- A la recherche, de rechercher la présence des antibiotiques utilisés sur la volaille dans les fientes et d'en déterminer les effets sur la qualité du riz fertilisé à base de fientes de volaille.

Références Bibliographiques

Adanabou K.E.P, 2013. Phénotypage de 440 accessions de l'espèce africaine *Oryza glaberrima* steud pour la vigueur végétative et pour l'architecture de la panicule. Mémoire de Master: Sélection et valorisation des Ressources Phytogénétiques. Option: Génétique et Biotechnologie Végétales. Université de Ouagadougou. 90 p.

Adeleye E.O., Ayeni L.S and Ojeniyi S.O., 2010. Effect of Poultry Manure on Soil Physico-Chemical Properties, Leaf Nutrient Contents and Yield of Yam (*Dioscorea rotundata*) on Alfisol in Southwestern Nigeria. *Journal of American Science*, 6(10):871-878.

ADRAO, 1995. Formation en production rizicole: *manuel du formateur*, Cotonou, Bénin : Centre du riz pour l'Afrique (ADRAO). 305 p.

ADRAO, 1998. De nouveaux riz pour l'Afrique. *Rapport d'activité*. Cotonou, Bénin : Centre du riz pour l'Afrique (ADRAO). 20pp.

ADRAO, 2003. Actes de la seconde revue régionale de la recherche rizicole (4rs 2003). Cotonou, Bénin: Centre du riz pour l'Afrique (ADRAO).

ADRAO, 2008. Guide pratique de la culture des NERICA de plateau 2008. Cotonou, Bénin : Centre du riz pour l'Afrique (ADRAO). 36 pp.

Agbede T.M., Ojeniyi S.O., and Adeyemo A. J., 2008. Effect of poultry manure on soil physical and chemical properties, growth and grain yield of sorghum in southwest Nigeria. *American-Eurasian Journal of Sustainable Agriculture*, 2(1): 72-77,

Akanza K.P., Sanogo S.C.K. Kouakou, N'da H.A. et Yao-Kouamé A., 2014. Effets de la fertilisation sur la fertilité des sols et les rendements: Incidence sur le diagnostic des carences du sol. *Rev. Ivoir. Sci. Technol.*, 24, 299 – 315.

Akanza K.P., Sanogo S. et N'da H.A., 2015. Influence combinée des fumures organique et minérale sur la nutrition et le rendement du maïs : impact sur le diagnostic des carences du sol. *Tropicultura*, 34(2): 208-220.

Amanullah M.M., Sekar S. and Muthukrishnan P., 2010. Prospects and Potential of Poultry Manure. *Asian Journal of Plant Sciences*, 9(4)172-182.

Amanullah M.M., Somasundaram E., Vaiyapuri K. and Sathyamoorthi K., 2007. Poultry manure to crops. *Agric. Rev.*, 28 (3): 216-222.

Amos H.O., Cyprian I. and Audu I., 2013. Effect of chicken manure on the performance of vegetable maize (*Zea mays saccharata*) varieties under irrigation. *Discourse Journal of Agriculture and Food Sciences*, 1(12): 190-195.

Angladette A., 1966. *Le riz*, g-p, édition Maisonneuve et Larose, paris, France. 930 p.

APRAO, 2011: Guide pratique pour la gestion intégrée de la production du riz pluvial. Projet : GCP/RAF/453/SPA. 15p.

Arraudeau M., 1998. Le riz irrigué. Tome I et Tome II, édition Maisonneuve et Larose, Paris, France, 659 p.

Bado B.V., 2002. Rôle des légumineuses sur la fertilité des sols ferrugineux tropicaux des zones guinéennes et soudaniennes du Burkina Faso. Thèse de PhD - Département des sols et Environnement, Université Laval, France. 148 p.

Barry S., 2016. Déterminants socioéconomiques et institutionnels de l'adoption des variétés améliorées de maïs dans le Centre-Sud du Burkina Faso. *Revue d'Economie Théorique et Appliquée* 6(2): 221-238

Bationo A. and Buerkert A., 2001. Soil organic carbon management for sustainable land use in Sudano-Sahelian West Africa. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 61, 131- 142.

Bationo A. and Mokuwunye A.U., 1991. Role of manure and crop residues in alleviating soil fertility constraints of crop production with special reference to the Sahelian and Sudanean zones of West Africa. *Fertilizer Research*, 29, 117–125.

Besançon G., 1993. Le riz cultivé d'origine africaine *oryza sativa* steud, et les formes sauvages et Diopsidae. *J. Econ. Entomol.*, 81: 934–936.

Bila N.K., 2015. Revue documentaire des études sur l'état des lieux de la filière Riz au BURKINA FASO. Rapport final. **CRI-B**, Burkina Faso, 79p.

Bougma A., 2013. « Effets des précédents culturaux et des fumures s sur la fertilité du sol et les rendements du riz pluvial », Mémoire de fin de cycle, Master en Sciences du Sol : Spécialisé en Gestion Intégrée de la Fertilité des Sols, IDR/UPB, 34p.

BUNASOLS, 1990. Manuel pour l'évaluation des terres. Documents techniques N°6. Burkina Faso, Ouagadougou. 181p.

Cameron E., How N., Saggar S., Ross C., 2004. The cost- benefits of applying biosolid composts for vegetable, fruit and maize/sweet corn. Landcare Research Science Series no. 27. Manaaki Whenua Press, Lincoln, Canterbury, NZ. 31 p.

CIR-B, 2015. Le Burkina Faso fait la promotion de son riz local. Sécurité Alimentaire. Burkina Faso, pmeppimagazine.info, consulté le 17 septembre 2016. 21h34

Dabiré F., 2007. Effet des rotations et des fumures sur la croissance et le développement du sorgho. Rapport de fin de cycle, Technicien Supérieur de Pédologie, CAP/Matroukou.

Dakouo D., 2009. Les insectes ravageurs du riz et leur gestion. *Rapport de formation*. Projet GCP Ouagadougou, 26 Août 2009. Burkina Faso 35p.

DGPER, 2012. Résultats définitifs de la campagne agricole et de la situation alimentaire et nutritionnelle 2011/2012. **DGPER**. Burkina Faso. 57p

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

Enujeke E.C., 2013. Response of Grain Weight of Maize to Variety, Organic Manure and Inorganic Fertilizer in Asaba Area of Delta State. *Asian Journal of Agriculture and Rural Development*, 3(5) 2013: 234-248.

EPA/DGPER/DPSAA, 2012. Rapport de synthèse: Analyse des résultats de la campagne agricole 2012/2013. **DPSAA**. Burkina Faso. 10p

Fairhurst, T. (ed). 2015. Manuel de Gestion Intégrée de la Fertilité des Sols. Consortium Africain pour la Santé des Sols, Nairobi. CABI 2015 169p

FAO, 2005. Méthodes de compostage au niveau de l'exploitation agricole. Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture Rome, 35p.

FAO, 2014. Analyse des incitations par les prix pour le riz au Burkina Faso pour la période 2005-2013. Série de notes techniques, SPAAA, FAO, Rome. 59p.

Farhad W., Saleem M. F., Cheema M. A. and Hammad H. M., 2009. Effect of poultry manure levels on the productivity of spring maize (*Zea mays* L.). *The Journal of Animal & Plant Sciences*, 19(3):122-125.

Fontès J et Guinko S., 1995. Carte de végétation et de l'occupation d'un sol du Burkina Faso. Notice explicative. Ministère de la coopération Française, Projet campus(8813101). Toulouse : Université Paul Sabatier.

Gani Nasimul M.D., 2014. Impact of poultry litter on soil properties and production of jute. A dissertation Submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy Department of Soil, Water and Environment University of DHAKA DHAKA-1000, BANGLADESH November 2014.

Gazeau G., Bouvard F., Leclerc B., 2012. Fientes de volaille. (Matière Organique Fiche N°19) 2P. Maison des Agriculteurs - 22 rue Henri Pontier 13626 Aix-en-Provence Cedex 1. Septembre 2012.

Gomgnimbou A.P.K., Coulibaly K., Sanon A., Bacyé B.B., Nacro B.H., Sedogo P. M., 2016. Study of the Nutrient Composition of Organic Fertilizers in the Zone of Bobo-Dioulasso (Burkina Faso). *IJSRSET*, (2)4: 617-622

Guidi G., Pera A., Giovanetti M., Poggio G., Beryoldi M., 1988. Variations of soil structure and microbial population in a compost amended soil. *Plant Soil*, 106: 113-119.

Hu Y., Jingping Y., Yamin L., Junjun H., 2014. SPAD value and Nitrogen Nutrition Index for the Evaluation of Rice Nitrogen Status. *Plant Produ.Sci*, 17 (1): 81-92.

Imasuen E.E., Chokor J. and Orhue E.R., 2015. Influence of poultry manure on some chemical properties and yield of Okra (*Abelmoschus esculentus* L. Moench). *Nigerian Journal of Agriculture, Food and Environment*. 11(2):33-37.

INERA, 1994. Programme riz et riziculture (Document préparatoire du plan stratégique du CNRST). INERA. Burkina Faso. 49 p

Iqbal S., Zaman K.H.E and Yaseen M., 2014. Impact of level and source of compost based organic material on the productivity of autumn maize (*Zea mays* L.). *Pak. J. Agri. Sci.*, 51(1):41-47.

Kaboré S.P., 2011. La riziculture pluviale stricte, une contribution à l'accroissement de la production du riz au Burkina Faso. Mémoire d'ingénieur du développement rural en vulgarisation agricole à l'IDR/UPB. 65p

Lacharme M., 2001a. La fertilisation minérale du riz. Fascicule 06, Mémento technique de riziculture, 19 p.

Lacharme M., 2001b. Le plant de riz: Données morphologiques et cycle de la plante (Mémento Technique de Riziculture). Ministère du Développement Rural et de l'Environnement - Direction de la Recherche Formation Vulgarisation – Coopération française. 22 p.

Law-Ogbomo K.E., Remisson S.U., 2009. Growth and Yield of Maize as Influenced by Sowing Date and Poultry Manure Application. *Not. Bot. Hort. Agrobot. Cluj*, 37 (1): 199-203.

Lompo F., Sedogo M.P. et Assa A., 1994. Effets à long terme des phosphates naturels de Kodjari (Burkina Faso) sur la production du sorgho et les bilans minéraux. *Rev. Res. APAMA* 6:163-178.

Lompo F., 2009. Effets induits des modes de gestion de la fertilité sur les états du phosphore et de la solubilisation des phosphates naturels dans deux sols acides du Burkina Faso, p.254.

Louant B.P., 1996. Le Riz : le tallage. *Collection I.S.T.R.A* (images scientifiques, techniques et réalisations audio-visuelles). Genagro. Louvain-la neuve. Belgique.

Loué, 1979. Importance de l'interaction azote x potassium dans l'appréciation de la réponse à la potasse. (*Note présentée par M. Drouineau*). Académie d'Agriculture de FRANCE. FD Imprimerie Alençonnaise. Pp 720-731

MAAH, 2015, Résultats définitifs de la campagne agricole et de la situation alimentaire et nutritionnelle 2014/2015. **DGESS/MAAH.**

MAAH, 2016, Résultats définitifs de la campagne agricole et de la situation alimentaire et nutritionnelle 2015/2016. **DGESS/MAAH.**

Maclaren R.G., Cameron K.C., 1996. Soil science: sustainable production and environmental protection. 2nd ed. Auckland, Oxford University Press, NZ. p. 83-277.

MAFAP, 2013. Revue des politiques agricoles et alimentaires au Burkina Faso, Monitoring African Food and Agricultural Policies, Rome, Italie, 234p.

MARHASA, 2014, Annuaire statistiques agricoles/Enquêtes permanentes agricole; DECEMBRE 2014. **DSS/DGESS/MARHASA, Ouagadougou, Burkina Faso.**

MASA, 2013. Situation de la filière riz au Burkina Faso, 12p. **MASA, Ouagadougou, Burkina Faso**

Masse D., Cadet P., Chotte J-L., Diatta M., Floret C., N'diaye-Faye N., Pate E., Pontanier R., Thioulouse J., Villenave C., 1998. Jachères naturelles et restauration des propriétés des sols en zone semi-aride : Cas du Sénégal. *Agriculture et développement* n° 18 - Juin 1998.

Mikhailovskaya N. et Batchilo N. 2002. Effect of wet poultry manure on wheat yield and biological status of soil. FAO European Cooperative Research Network, RAMIRAN 2002.

Mokwunye A.U. 1981. Phosphorus fertilizers in Nigeria savanna soils III: Effects of three phosphorus sources on available cation contents of a soil at Samaru. *Samaru Agric. Research*, 6, 21-24.

Moukoumbi Y.D., 2001. Caractérisation des lignées interspécifiques (*O. sativa x O. sativa*) et interspécifiques (*O. glaberrima x O. sativa*) pour leur adaptabilité à la riziculture de bas-fond. Mémoire d'ingénieur de développement rural, Université Polytechnique de Bobo. 51p.

Nyembo K.L., Useni S.Y., Chinawej M.M.D., Kyabuntu I.D., Kaboza Y., Mpundu M.M., Baboy L.L., 2014. Amélioration des propriétés physiques et chimiques du sol sous l'apport combiné des biodéchets et des engrais minéraux et influence sur le comportement du maïs (*Zea mays* L. variété *Unilu*). *Journal of Applied Biosciences*, 74, 6121– 6130.

Ojeniyi S.O., Amusan O.A. and Adekiya A.O., 2013. Effect of Poultry Manure on Soil Physical Properties, Nutrient Uptake and Yield of Cocoyam (*Xanthosoma saggitifolium*) in Southwest Nigeria. *American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci.*, 13 (1): 121-125.

Ouattara L.A., 2014. ‘‘Effet des rotations et des fumures à base du Burkina Phosphate sur la croissance et le rendement du riz pluvial strict dans la zone soudanienne du Burkina Faso, Mémoire de fin de cycle, Master en Production Végétale à l’IDR/UPB, p9-10-11-23.

Ouédraogo E., Mando A. and Zombré N.P., 2000. On-farm effect of compost on carbon sequestration and sorghum performance in Burkina Faso, West Africa. *Agriculture Environment Ecosystems*, 21, 25-36.

OXFAM et UNPR-B., 2011. Etude de marche sur le riz local, 68p. **OXFAM et UNPR-B.**

Pichot J., Sedogo M.P., Poulain J.F., Arrivets J., 1981. Evolution de la fertilité d'un sol ferrugineux tropical sous l'influence de fumures minérales et organiques. *Agronomie Tropicale*, 36: 122-133.

Porterès R., 1956. Taxonomie agro-botanique des riz cultivés *Oryza sativa* L. et *O. glaberrima* Steud.. *Journal d'Agriculture Tropicale et de Botanique Appliquée*, 3, 341-384.

Porterès R., 1962. Berceaux Agricoles Primaires Sur Le Continent Africain. *Journal of African History* III, 2: 195–210.

Raemaekers R.H., 2001. Crop Production in Tropical Africa. DGIC, Brussels, Belgium. P 1540.

Rahman S.M., Ken-ichi K., Yuka S., Shuhe M., and Ho A., 2013. Early growth stage water management effects on the fate of inorganic N, growth and yield in rice. *Soil Science and Plant Nutrition*, 59, 921-932.

Ramousse R., Le Berre M. Le Guelte L., 1996. Introduction aux statistiques. Document de synthèse. Conservation et développement durable (CDD). <http://www.cons-dev.org/>

Sanon A., 2015. Gestion intégrée des fumures dans un système de rotation à base de riz pluvial strict dans la zone sud soudanienne du Burkina Faso. Mémoire de Diplôme d'Etudes Approfondies en Gestion Intégrée des Ressources Naturelles. Université Polytechnique de Bobo Dioulasso. 60 pages.

Sedogo M.P., 1993. Evolution des sols ferrugineux lessivés sous culture : incidence des modes de gestion sur la fertilité. Thèse de Doctorat. Université nationale de Côte d'Ivoire, 329 p.

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.

Segda Z., 2006. Gestion de la fertilité du sol pour une production améliorée et durable du riz (*Oryza sativa* L.) au Burkina Faso: cas de la plaine irriguée de Bagré. Thèse de doctorat, Unité de formation et de recherche en science de la vie et de la terre, Université de Ouagadougou, Burkina Faso, 202 p.

Segda Z., Lompo F., Wopereis M.C.S., Sedogo P.M., 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.

Sere Y. et Sy A. A., 1997. Affections phytopathogènes majeurs du riz au Sahel analyse et stratégie de gestion. In: irrigated rice in Sahel: prospects for sustainable development Miézan K.M., Wopereis M. C. S., Dingkuhn, Dekers 1. and Randolph T. F. (eds) ADRAO. Bouaké, Côte d'Ivoire, pp. 275-287.

Serpantié G. et Ouattara B., 2001. Fertilité et jachères en Afrique de l'Ouest. « La jachère en Afrique tropicale »- Ch. Floret, R. Pontanier Iohn Libbey Eurotext, Paris © 2001, pp. 21-83.

Sié M., Dogbé S. et Diatta M., 2009. Sélection variétale participative du riz. Manuel du technicien. ADRAO, Cotonou, Bénin. 118 p.

Soma M., 2014. Phénotypage de 154 accessions des espèces de riz cultivées pour leur aptitude à la compétition vis-à-vis des mauvaises herbes. Master Professionnel en Sélection et valorisation des Ressources Phytogénétiques Université de Ouagadougou (UO). 2012/2013. 57p

Tankoano E., 2014. Evaluation des éléments nutritifs limitant la productivité du riz pluvial strict: cas du site de Farako-Ba/Burkina Faso, Rapport de fin de cycle, BTSA/CAP-M, p6-8-9-10.

Tejada M., and Gonzalez J.L., 2006. Crushed cotton gin compost on soil biological properties and rice yield. *European Journal of Agronomy*, 25,22–29.

Traoré A., 2016. Effets des rotations et de la fertilisation sur le rendement du riz pluvial strict en zone Ouest du Burkina Faso. Doctorat en Systèmes de Productions Végétales/ Sciences du sol, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso (UPB). 114 pages.

Traoré S.S.H., 2012. Etude des impacts agro-pédologiques des apports continus et en rotation de fertilisants organo-minéraux sur le cotonnier en stations de recherche : cas de Sana et Farako-Bâ. Burkina Faso. Mémoire d'ingénieur du développement rural en agronomie à l'IDR/UPB P 3-4-5-6.

Traoré S., 2000. Mise au point d'un paquet technologie de protection intégrée contre les insectes foreurs de tige, la pyriculariose et les nématodes associés au riz irrigué. Mémoire de fin d'études. Option agronomie. Institut du Développement Rural, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, Burkina Faso. 88 p.

Useni S.Y., Baboy L.L., Nyembo K.L., Mpundu M.M., 2012. Effets des apports combinés de biodéchets et de fertilisants inorganiques sur le rendement de trois variétés de *Zea mays* L. cultivées dans la région de Lubumbashi. *Journal of Applied Biosciences*, 54, 3935– 3943.

Van Brunt J.M and Sultenfuss J.H., 1998. Better crops with plant food in potassium: Functions of potassium, is published quarterly by the Potash & Phosphate Institute (PPI). Better Crops/Vol. 82 (1998, No. 3) ISSN: 0006-0089, 39p.

Wopereis M.C.S., Defoer T., Idinoba P., Diack S. et Dugue M.J., 2008. Curriculum d'apprentissage participatif et recherche action (APRA) pour la gestion intégrée de la culture de

riz de bas-fonds (GIR) en Afrique subsaharienne. ADRAO/Manuel technique/Référence 15: La gestion intégrée de la fertilité du sol. SBN 92 9113 273 X (Print) ISBN 92 9113 274 8 (PDF).

ANNEXES

Annexe I: Caractéristiques agro morphologiques de la variété FKR59 (WAB99-84).

variété FKR59 (WAB99-84)

Caractéristiques de la plante

Cycle semis-épiaison	: 70jours
Cycle semis-maturité	: 95-100jours
Hauteur de la plante	: 94cm
Tallage	: Bonne
Port de la feuille paniculaire	: Erigé

Caractères du grain (paddy)

Longueur	: 9,34 mm
Largeur	: 3,28 mm
Poids de 1000 grains	: 27,86 gr
Aristation	: Mutique
Couleur glumelle	: Paille
Couleur apex à maturité	: Incolore
Résistance à la pyriculariose	: Très bonne
Résistance à la verse	: Très bonne
Résistance à l'égrenage	: Bonne
Réponse à l'azote	: Bonne
Potentiel de rendement	: 5T/ha

SOURCE : Fiche technique de la FKR59 (WAB 99-84) INERA 2016

Annexe II : Normes d'interprétation des analyses chimiques (BUNASOLS)

		Très bas Défavorable	Bas	Moyen	Elevé	Très élevé Favorable
MO	%	<0,5	0,5-1,0	1,0-2,0	2,0-3,0	>3,0
	Cotation	1	2	3	4	5
Azote total	%	<0,02	0,02 - 0,06	0,06-0,10	0,10-0,14	>0,14
	Cotation	2	2,5	3	3,5	4
Phosphore assimilable (P)	Ppm	<5	5-10	10-20	20-30	>30
	Cotation	2	2,5	3	3,5	4
Phosphore total (P')	Ppm	<100	100-200	200-400	400 – 600	>600
	Cotation	2,50	2,75	3,0	3,25	3,5
Potassium disponible (K)	Ppm	<25	25-50	50-100	100-200	>200
	Cotation	2	2,5	3	3,5	4
Potassium total (K')	Ppm	<500	500-1000	1000 – 2000	2000 - 4000	>4000
	Cotation	2,5	2,75	3,0	3,25	3,5
CEC (T)	még/100g	<5	5-10	10-15	15-20	>20
	Cotation	2	2,5	3,0	3,5	4
Saturation en bases (V)	%	<20	20-40	40-60	60-80	>80
	Cotation	2	2,5	3,0	3,5	4
Somme des bases (S)	még/100g	<1	1-6	6-11	11 -16	> 16
	Cotation	1	2	3	4	5
pH eau (H)	Valeurs	<4,5 >9,0	4,6-5,0 8,5-9,0	5,1-5,5 7,9 - 8,4	5,6-6,0 7,4-7,8	6,1-7,3
	Cotation	1	2	3	4	5
Rapports						
C/N	Valeurs	<8	8 à 10	10 à 15	15 à 25	>25
	Norme	Très bas	Bas	Moyen	Fort	Très fort
K/T (%)	Valeurs	<1	1à2	2à5	>5	
	Norme	Carence en K	Besoin élevé en K	Besoin faible en K	Pas de besoin immédiat	
Mg/K	Valeurs	<2	2 à 20	>20		
	Norme	Carence en Mg	Bon	Carence en K		
N/P	Valeurs	>2	<2			
	Norme	Carence en P	Carence en N			

Source : BUNASOLS, (1990)

NB : ppm= mg.kg⁻¹ de sol ; meq= Cmol.kg⁻¹ de sol

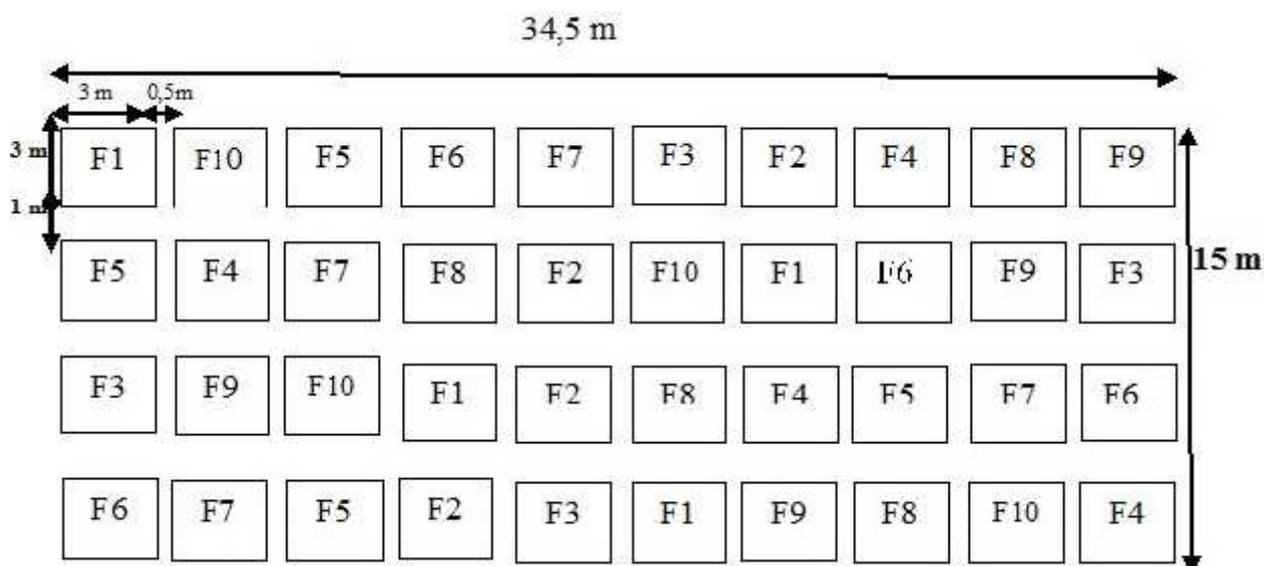
Annexe III: Liste des fumures appliquées dans les parcelles élémentaires et plan de masse de l'essai.

Les six traitements étudiés ont fait partie d'une liste préalable de dix traitements appliqués en parcelle suivant le dispositif en B). Pour notre étude seuls les traitements ici en « gras » ont été pris en compte.

A) Liste des fumures appliquées dans les parcelles élémentaires

Libellé	Composition
F1	Témoin absolu (sans fumure)
F2	Fumure minérale vulgarisée NPK (14-23-14) 200 kg/ha + Urée vulgarisée (100kg/ha)
F3	Urée vulgarisée (100kg/ha) + BP (500kg/ha)
F4	Fientes de volaille (7,5 t/ha)
F5	Fientes de volaille (7,5 t/ha) + Urée vulgarisée (100kg/ha)
F6	Fientes de volaille (7,5 t/ha) + BP (500 kg/ha)
F7	Fientes de volaille (7,5 t/ha) + BP (500 kg/ha) + Urée vulgarisée (100kg/ha)
F8	Compost à base de paille de riz (5t/ha) + Urée vulgarisée (100kg/ha)
F9	Compost à base de paille de riz (5t/ha) + BP (500kg/ha)
F10	Compost à base de paille de riz (5t/ha) + BP (500 kg/ha) + Urée vulgarisée (100kg/ha)

B) Plan de masse de l'essai à Farako-Bâ



Annexe IV : Résultats d'analyse de compost et analyse granulométriques

A) Teneur en éléments chimiques du compost

Nature	pHeau	Carbone (%)	M.O (%)	N (%)	C/N	P_total mg/kg	K_total mg/kg
Compost	7,19	23,38	40,31	1,31	18	263	18649

B) Résultats d'analyse granulométrique (Granulométries 3 fractions par méthode densimétrique)

Argile %	Limons totaux %	Sables totaux %
11,55	14,84	73,60