

BURKINA FASO

Unité-Progrès-Justice

MINISTERE DES ENSEIGNEMENTS SECONDAIRE ET SUPERIEUR

UNIVERSITE POLYTECHNIQUE DE BOBO-DIOULASSO

INSTITUT DU DEVELOPPEMENT RURAL



MEMOIRE DE FIN DE CYCLE

présenté en vue de l'obtention du

DIPLOME D'INGENIEUR EN VULGARISATION AGRICOLE

THEME :

**EVALUATION DES PERFORMANCES AGRONOMIQUES DU
PLACEMENT PROFOND DE L'UREE EN RIZICULTURE
IRRIGUEE DANS LA VALLEE DU SOUROU AU BURKINA
FASO**

par CISSE Drissa

Directeur de mémoire : Dr Bernard BACYE

Maîtres de stage : Dr Hamado SAWADOGO

Dr Bidjokazo FOFANA

JUIN 2011

N°: ___/2011-VULG

TABLE DES MATIERES

DEDICACE v

REMERCIEMENTS vi

LISTE DES ABREVIATIONS vii

LISTE DES TABLEAUX viii

LISTE DES FIGURES ix

RESUME x

INTRODUCTION GENERALE 1

CHAPITRE I : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE 3

1-1 ORIGINE ET EXIGENCES ECOLOGIQUES DU RIZ 3

1-1-1 Origines du riz 3

1-1-2 Exigences écologiques 3

1-1-2-1 Besoins en eau 3

1-1-2-2 Besoins en chaleur 3

1-1-2-3 Besoins en lumière 3

1-1-2-4 Les sols de riziculture irriguée 4

1-2 APERCU GENERAL SUR LA RIZICULTURE 4

1-2-1 Les systèmes de riziculture 4

1-2-2 Production rizicole dans le monde 5

1-2-2-1 Production de paddy 5

1-2-2-2 Les rendements 6

1-3 LA PRODUCTION DU RIZ DANS LA VALLEE DU SOUROU 6

1-3-1 Organisation de la riziculture 6

1-3-2 Superficies, productions et rendements. 6

1-4 BESOINS EN AZOTE DU RIZ 8

1-5 SOURCES D'AZOTE POUR LE RIZ 8

1-6 VOIES DE PERTES D'AZOTE EN RIZICULTURE IRRIGUEE 9

1-7 CONSEQUENCES ENVIRONNEMENTALES DES PERTES D'AZOTE 9

1-8 FERTILISATION EN RIZICULTURE IRRIGUEE 10

1-9 INTERET DU PLACEMENT PROFOND DE L'UREE SUPER GRANULEE 11

1-10 TECHNOLOGIE DE L'UREE SUPERGRANULEE 11

1-11 TECHNIQUE DU PLACEMENT PROFOND DE L'UREE 12

1-12 INTERETS AGRONOMIQUES, SOCIO-ECONOMIQUES ET ENVIRONNEMENTAUX DU PLACEMENT PROFOND DE L'UREE SUPERGRANULEE	13
1-12-1 Intérêts agronomiques	13
1-12-2 Intérêts socio-économiques	14
1-12-3 Intérêts environnementaux	14
1-13 LA DIFFUSION DE LA TECHNOLOGIE DU PLACEMENT PROFOND DE L'UREE SUPERGRANULE	15
<i>CHAPITRE II : MATERIELS ET METHODE</i>	17
2-1- PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE	17
2-1-1 Situation géographique	17
2-1-2 Réseau hydrographique et potentialités d'irrigation	17
2-1-3 Climat	18
2-1-4 Sols	19
2-1-5 Végétation	20
2-2 MATERIELS	20
2-2-1 Sols	20
2-2-2 Fumures minérales utilisées	21
2-2-2-1 Engrais phospho-potassiques	21
2-2-2-2 Urée ordinaire	21
2-2-2-3 Granules d'urée ou Urée super granulé (USG)	21
2-2-3 Matériel végétal	21
2-3 METHODE	21
2-3-1 Dispositif expérimental	22
2-3-2 Conduite des essais	24
2-3-2-1 Préparation du sol	24
2-3-2-2 Repiquage	24
2-3-2-3 Entretien des essais	24
2-3-3 Méthode d'apport des fertilisants	24
2-3-3-1 Fumures de fond	24
2-3-3-2 Fumure de couverture	24
2-3-4 Mesure des paramètres de rendements	25
2-4 Traitement et analyse des données	26
<i>CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSIONS</i>	27
3-1 RESULTATS	27
3-1-1 LA PERMEABILITE DES SOLS UTILISES POUR L'EXPERIMENTATION	27
3-1-2 RESULTATS SUR SOL FILTRANT	27
3-1-2-1 Effets du mode d'apport et des doses d'urée sur les paramètres de rendement	27
3-1-2-2 Analyse des composantes de rendement selon les variétés	29

3-1-2-3 Effets de l'interaction variétés*formules de fertilisation sur les paramètres de rendement	30
3-1-3- RESULTATS SUR SOL LOURD	33
3-1-3-1 Effets du mode d'apport et des doses d'urée sur les paramètres de rendement	33
3-1-3-2 Analyse des composantes de rendement selon les variétés	34
3-1-3-3 Effets de l'interaction variétés*formules de fertilisation sur les paramètres de rendement	35
3-1-4 Comparaison des rendements selon les types de sol	38
3-1-4-1 Rendement paddy	38
3-1-4-2 Rendement paille	38
3-2 DISCUSSION	39
3-2-1 Impact de la dose et du type d'urée sur les paramètres de rendement	39
3-2-2 Influence des types de sols sur le rendement des variétés	40
CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS	41
BIBLIOGRAPHIE	42
ANNEXES	I

DEDICACE

Aux mémoires de mes parents décédés. Que vos âmes reposent en paix. .

A ma femme CISSE Sita née BARRO qui a souffert en silence durant les trois années

A mon grand frère CISSE Salia et ma grande sœur Mme BARRO Minata née CISSE

A mon cousin Souleymane BARRO

REMERCIEMENTS

«Un seul doigt ne saurait ramasser la farine ». Ce travail est le fruit de la collaboration entre l'IDR, l'IFDC, l'INERA et l'AMVS. Au cours de l'étude nous avons bénéficié de l'appui multiple et multiforme de la part de plusieurs personnes. Je voudrais adresser mes sincères remerciements à toutes ces personnes qui ont contribué à la réalisation de cette étude.

Je remercie tout particulièrement :

Dr Bernard BACYE, enseignant-chercheur à l'IDR, notre Directeur de mémoire, pour sa disponibilité et les critiques et suggestions très enrichissantes;

Dr Hamado SAWADO, chercheur et chef de programme Gestion des Ressources Naturelles à la DRREA du Nord-Ouest, notre Maître de stage, pour sa constante disponibilité, son soutien moral et matériel, l'attention particulière prêtée à l'étude ;

Dr Bidjokazo FOFANA, chercheur et coordinateur des projets de gestion des ressources naturelles de l'IFDC, notre co-maître de stage pour avoir initié l'étude et pour l'attention particulière qu'il a prêtée à l'étude ;

Dr Vincent DAO, chercheur et Directeur Régionale de Recherches Environnementales et Agricoles du Nord-Ouest pour ses précieux conseils et pour nous avoir facilité les conditions de séjours à la station de Di et de déplacements dans la vallée;

Dr Sansan YOUL chercheur à l'IFDC pour ses différents conseils et pour nous avoir appuyés au cours de l'analyse de nos données ;

Aux enseignants de l'Institut du Développement Rural pour la qualité de la formation dont nous avons bénéficiée durant ces trois années.

Mr SANON Soungalo ingénieur à l'IFDC pour avoir appuyé et facilité le déroulement de nos travaux à la vallée du Sourou ;

Mr IDO B. Marc, technicien à la DRREA du Nord-Ouest pour nous avoir guidés lors de la conduite des essais et facilité notre séjour à DI. Mr IDO, merci!

Messieurs KO et ZIDA, tous ingénieurs agronomes à l'AMVS pour leurs conseils et suggestions ;

Mr DA Sié Ambroise pour ses soutiens multiformes durant les trois années passées à l'IDR ;

Mr SEREME Soukalli, biométricien à la DRREA du Nord-Ouest pour ses différents conseils et son appui au cours de l'analyse de nos données ;

A de l'ensemble du personnel de la DRREA du Nord-Ouest et de l'IFDC- Burkina pour tout le soutien ;

Mes remerciements vont également à l'endroit de la direction et tout le personnel de l'Autorité de Mise en Valeur de la Vallée du Sourou, des membres des comités de gestion des coopératives ainsi que l'ensemble des producteurs avec lesquels nous avons travaillé.

LISTE DES ABREVIATIONS

AMVS : Autorité de Mise en valeur de la Vallée du Sourou

CRREA : Centre Régionale de Recherche Environnementale et Agricole

CSLP : Cadre Stratégique de Lutte contre la Pauvreté

DRREA : Direction Régionale de Recherches Environnementales et Agricoles

FAO: Fonds des Nations Unis pour l'Agriculture et l'Alimentation

FIDA : Fonds International pour le Développement Agricole

FKR: FaraKobà Riz

IFA: Association Internationale de l'industrie des Engrais.

IFDC: International Fertilizer Development Center (Centre International pour la Fertilité des sols et le Développement Agricole)

INERA: Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles

INSD: Institut Nationale de la statistique et de la Démographie.

IRRI: International Rice Research Institute.

KCL: Chlorure de Potassium

MAHRH : Ministère de l'Agriculture de l'Hydraulique et des Ressources Halieutiques

MED : Ministère de l'Economie et du Développement

NERICA : New Rice for Africa

OMD : Objectifs du Millénaire pour le Développement

PCD : Plan Communal de Développement

PNTTA: Programme National de Transfert de technologie en Agriculture

PP : Pratique Paysanne

PPU: Placement Profond de l'Urée

TSP: Triple Super Phosphate

UICN : Union Internationale pour la Conservation de la Nature et de ses ressources

USG: Granules d'urée.

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1:Les organisations paysannes rizicoles évoluant sur les périmètres aménagés de la Vallée du Sourou..... 6

Tableau 2: caractéristiques des variétés de riz utilisés 21

Tableau 3: types et doses d'engrais utilisés 23

Tableau 4: analyse de variance du nombre de talle/m² en fonction des traitements sur sol filtrant. 28

Tableau 5 : analyse de variance de trois paramètres étudiés en fonction des traitements sur sol filtrant 28

Tableau 6: analyse de variance du nombre moyen de talle/m² en fonction des variétés sur sol filtrant 29

Tableau 7 : Nombre de panicule/m² et rendements paddy et paille en fonction des variétés sur sol filtrant 30

Tableau 8 : résumé des composante des rendements étudiés en fonction de l'interaction variétés*formules de fertilisation sur sol filtrant..... 30

Tableau 9: analyse de variance du nombre de talle/m² en fonction des traitements sur sol lourd ... 33

Tableau 10: Nombre de panicule/m² et des rendements paddy et paille en fonction des traitements sur sol lourd 34

Tableau 11: analyse de variance du nombre de talle/m² en fonction des variétés sur sol lourd..... 34

Tableau 12: analyse de variance du nombre de panicule et des rendements paddy et paille en fonction des variétés sur sol lourd 35

Tableau 13: analyse de variance des paramètres de rendement étudiés en fonction de l'interaction variétés*formules de fertilisation sur sol lourd 36

Tableau 14: analyse de variance de rendement paddy des interactions suivant les types de sols 38

Tableau 15: analyse de variance de rendement paille des interactions suivant les types de sols..... 38

LISTE DES FIGURES

Figure 1: évolution des superficies rizicoles de 2000 à 2009 dans la vallée du sourou 7

Figure 2: évolution des productions et des rendements de 2000 à 2009 dans la vallée du sourou 7

Figure 3:granules d'urée (cliché Louis, 2009) 12

Figure 4: répartition comparée de l'azote (N) entre granules d'urée et urée simple en saison humide 14

Figure 5: évolution de la pluviosité des dix dernières années dans la vallée du sourou 18

Figure 6: évolution de la température 2010 dans la vallée du Sourou 19

Figure 7: dispositif expérimental..... 22

Figure 8: technique d'application des granules d'urée 25

Figure 9: évolution de l'infiltration sur sol lourd et sur sol filtrant 27

Figure 10: Comparaison de rendement paddy selon le type d'urée à la dose de 113 kg/ha sur sol filtrant 31

Figure 11 : Comparaison de rendement paddy selon le type d'urée à la dose de 113 kg/ha sur sol filtrant 31

Figure 12: comparaison de rendement paille selon le type d'urée à la dose de 174 kg/ha sur sol filtrant 32

Figure 13: comparaison des rendements paddy selon les types et doses d'urée sur sol lourd 37

RESUME

L'accroissement des rendements du riz dans les systèmes de riziculture irriguée passe par une bonne maîtrise de l'utilisation de l'azote qui est un facteur essentiel pour la productivité de la plante de riz. Une étude a été menée dans le périmètre rizicole de la Vallée du Sourou dans l'optique d'optimiser la fertilisation azotée en riziculture irriguée à travers le placement profond de l'urée sous forme de granule. L'étude a consisté à évaluer les performances agronomiques du riz irrigué suivant les doses, le type d'urée et le mode d'apport (placement profond et apport à la volée). Pour l'expérimentation, 4 variétés de riz (TS2, N62, FKR 19 et FKR 28), deux doses (113 kg/ha et 174 kg/ha) et types d'urée (granules d'urée et urée ordinaire) et deux types de sol selon la vitesse d'infiltration ont été utilisés. Les résultats ont montré que les traitements ayant reçu les granules d'urée de 2,7g sont ceux qui donnent les meilleurs rendements. Les témoins absolus (U0) sont les traitements qui ont donné les plus faibles rendements. Pour ce qui est des variétés, la plus performante en termes de rendement est la FKR62N. En outre, le sol lourd est celui qui s'est montré propice à la riziculture irriguée. L'ensemble des traitements sur ce type de sol ont donné des rendements paddy et paille significativement différents de ceux du sol filtrant.

Mots clés : Riziculture irriguée, azote, urée ordinaire, granules d'urée, rendement, vallée du Sourou

INTRODUCTION GENERALE

L'agriculture contribue à hauteur de 30% à la formation du Produit Intérieur Brut (PIB) et occupe 86% de la population active (MEF, 2005) au Burkina Faso. Malgré cette importance capitale pour l'économie nationale, la production agricole est essentiellement de type traditionnel (MAHRH, 2010). En outre, la faible augmentation de la production vivrière et ses fluctuations interannuelles constituent des problèmes majeurs et chroniques pour le pays. L'amélioration de la sécurité alimentaire, la productivité et la compétitivité de l'agriculture ne sont possibles qu'à partir de la formulation de stratégies sur la base d'une approche intégrée qui embrasse la fertilité des sols et l'étude globale des systèmes de production dans leur environnement socio-économique. C'est dans cette optique de diversification de culture que depuis 1985 (AMVS 2009) le Burkina Faso a opté pour la riziculture irriguée. En effet, depuis quelques années, le riz constitue une denrée alimentaire de base pour la population burkinabé. Pourtant la production nationale est très en deçà des besoins de consommation. Selon les statistiques du MAHRH (2008) avant 2008, la production nationale de paddy était de 100000 tonnes en moyenne par an soit environ 60000 tonnes de riz « blanc » tandis que les importations variaient de 250 000 à 350 000 tonnes. Ces importations ont coûté 40 milliards de francs CFA par an. Ces chiffres mettent en évidence le faible taux de couverture des besoins par la production nationale qui représente ainsi avant 2008 moins de 18% de la consommation. Pour pallier cette situation, les stratégies d'intensification de la culture du riz sont mise en œuvre à travers la riziculture irriguée, de bas-fonds et pluviale. Ces stratégies permettront d'augmenter la production dans le but, d'une part, de couvrir la consommation intérieure et même d'exporter une partie du riz produit localement et, d'autre part, d'accroître les revenus des producteurs et de rapporter ainsi des devises importantes pour le pays. Pour ce faire, l'INERA en collaboration avec Africa Rice a introduit un certain nombre d'option technologiques pour l'intensification durable de la riziculture au Burkina Faso. Malgré les performances avérées des variétés sélectionnées, la riziculture en général et celle irriguée en particulier est confrontée au problème majeur de gestion inefficace de la fertilisation azotée en riziculture irriguée. En effet selon, IFDC (2003), le mode général d'épandage de l'urée à la volée ne permet au riz d'utiliser que le 1/3 de la dose d'azote apportée. Les 2/3 étant perdus essentiellement par volatilisation et nitrification-dénitrification posant ainsi un véritable problème environnemental (pollution des eaux souterraines par l'azote, contribution au réchauffement climatique) pour les riziculteurs (IFDC, 2007). Ce mode d'épandage pose aussi un problème d'ordre économique dans la mesure où le producteur investit trois fois plus dans l'achat de l'urée. Selon le rapport de l'IFDC (2003), la fertilisation azotée représente 15% à 20% du coût de la production totale.

Par ailleurs l'azote étant l'élément nutritif le plus limitatif en riziculture irriguée (Bandaogo, 2010) la méthode d'application des engrais azotés devient de ce fait une composante essentielle des pratiques agricoles en riziculture. Il devient, pour ce faire, indispensable voire urgent de mettre en place une technique d'application de l'urée, principal engrais azoté, en vue d'assurer une utilisation optimale de l'azote par la plante de riz en condition irriguée.

Au delà de la mise en place de cette technique d'application efficiente de l'urée il est aussi important de déterminer parmi les différentes variétés de riz celle qui répond le mieux au placement profond de l'urée en termes de rendement dans la localité. Aussi faut-il prendre en compte le sol car selon Latham et *al.* (1985) les technologies d'intensification agricoles ont souvent échoué au niveau de l'application en raison de l'inadaptation de certaines techniques aux sols considérés

C'est dans cette optique de recherche de meilleures techniques d'application en fonction de différents modes d'apport, des variétés et de types de sol que l'IFDC expérimente, en collaboration avec le DRREA du Nord-Ouest et l'AMVS, la technique du placement profond de l'urée dans la Vallée du Sourou d'où notre thème « évaluation des performances agronomiques du PPU en riziculture irriguée dans la Vallée du Sourou »

L'objectif global vise l'amélioration des rendements rizicoles à travers le placement profond de l'urée. Les objectifs spécifiques sont les suivants :

➤ Evaluer les performances agronomiques des granules d'urée comparée à l'urée ordinaire apportée à la volée dans les conditions de la Vallée du Sourou;

➤ évaluer la réponse de quatre variétés de riz à l'Urée Super Granule;

Les hypothèses émises pour ce faire sont:

MENTION BIEN

- la technologie du placement profond des granules d'urée permet une amélioration des rendements par rapport à l'urée ordinaire apporté à la volée;

- la performance du placement profond de l'urée est fonction de la variété de riz;

- les performances du placement profond de l'urée sont fonction de l'état de perméabilité du sol.

Le présent document, qui rend compte des travaux réalisés, s'articule autour de trois chapitres. Le premier chapitre porte sur l'étude bibliographique, le second se focalise sur les matériels et méthodes utilisés en vue de vérifier les hypothèses émises et enfin le troisième porte sur les résultats et discussions.

CHAPITRE I : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

1-1 ORIGINE ET EXIGENCES ECOLOGIQUES DU RIZ

1-1-1 Origines du riz

Le riz est une graminée autogame de grande taille qui, à l'origine, poussait à l'état sauvage. Mais de nos jours les variétés cultivées dans la plupart des pays appartiennent au genre *Oryza* qui compte vingt trois espèces (CIRAD-GRET, 2006). De ces vingt trois espèces seulement deux présentent un intérêt agricole pour l'Homme. Il s'agit de :

- *Oryza sativa* : riz commun asiatique est présent dans la plupart des pays rizicoles dans le monde mais est originaire de l'Extrême Orient au pied du mont himalayen. Selon CIRAD- GRET (2006) l'espèce est issue de la domestication de l'espèce *Oryza rufipogon*. Il donne, du côté chinois, la sous-espèce *Oryza sativa japonica* et du côté indien, la sous-espèce *Oryza sativa indica*.
- *Oryza glaberima* qui est une espèce originaire de l'Afrique de l'Ouest dans le delta intérieur du Niger. Cette espèce serait issue de la domestication de l'espèce annuelle *Oryza breviligulata*, elle même issue de l'espèce pérenne à rhizome *Oryza longistaminata*.

1-1-2 Exigences écologiques

1-1-2-1 Besoins en eau

Le riz est une plante qui a besoin de suffisamment d'eau pour son développement. En effet, selon Romain (2001) les besoins en eau du riz en termes d'évapotranspiration se situent généralement entre 400 et 800 mm en fonction des conditions climatiques et de la durée du cycle. La floraison et la période la plus critique. Quant au cas spécifique du riz irrigué il faut 1000 à 1500 mm compte tenu des pertes par percolation.

1-1-2-2 Besoins en chaleur

Les températures optimales pour une bonne végétation du riz se trouvent entre 22 et 37°C (Angladette, 1974). Selon les variétés, le zéro de germination du riz se situe entre 10°C et 13°C. La floraison et la pollinisation exigent une température de 22°C. Pendant la maturation, la température doit être au moins de 19°C. Segda et al, (2005) ont montré que les basses températures augmentent le risque de stérilité des grains de riz. Le froid réduit également le nombre de talles. La somme des températures requise de la germination à la récolte varie de 2100°C pour les variétés très précoces à 4500°C pour les tardives (Angladette, 1967).

1-1-2-3 Besoins en lumière

En riziculture, la lumière est un facteur essentiel. Il joue un rôle important dans la croissance et la productivité du riz en favorisant le tallage et en augmentant le nombre d'épillet par panicule et le poids de 1000 grains. Un minimum de 400 heures d'insolation au cours des deux derniers mois du cycle de la culture dont 220 à 240 heures durant le dernier mois sont nécessaires pour obtenir de

hauts rendements (Romain, 2001). Les faibles intensités lumineuses réduisent la photosynthèse et de ce fait, retardent l'épiaison et la maturation des variétés précoces mais avancent légèrement la date de la maturation des variétés tardives (Nebié, 1995).

1-1-2-4 Les sols de riziculture irriguée

Les sols aptes à la riziculture irriguée sont des sols profonds, très argileux donc très peu perméables, ayant une capacité de rétention en eau élevée et une capacité d'échange cationique élevée. Le sol idéal doit contenir 50 à 60% de particules fines de limons et d'argiles. En riziculture irriguée le sol propice doit avoir une perméabilité très faible de façon à éviter les pertes d'eau par drainage souterrain. Pendant la culture, le riz est inondé et le sol se trouve en situation anaérobie; la vie microbienne est faible (Marc, 2001).

Par ailleurs le riz résiste à des doses élevées de sel marin jusqu'à 7% de NaCl (Poussin et *al.*, 2002) et s'accommode à des variétés considérables de pH de 4,5 à 8,7, mais pousse mieux sur les sols acides.

1-2 APERCU GENERAL SUR LA RIZICULTURE

1-2-1 Les systèmes de riziculture

Il existe quatre types de riziculture dans le monde :

- **La riziculture de bas-fonds:**

Le riz est cultivé dans des bas-fonds inondables. Les parcelles de riz sont entourées de diguettes qui retiennent les eaux de pluie ou de ruissellement. Malgré des rendements assez faibles, ce type de riz occupe le second rang après le riz irrigué avec 25% de la surface récoltée et 17% de la production mondiale de riz (Andrianarisoa, 2004). Elle occupe la plus grande partie des superficies rizicoles au Burkina Faso (environ 70% des superficies), mais ne fournit que 42% de la production nationale (Yaro, 1995).

- **La riziculture pluviale :**

Le riz est planté sur des terres sèches qui seront ensuite arrosées par les pluies de mousson ou la crue des fleuves. Les parcelles sont généralement non endiguées. Les sols sont bien drainés et aucune submersion ne se produit au cours du cycle culturale. Cette riziculture pluviale représente environ 13% de la surface récoltée au monde et 4% de la production mondiale de riz (Guy, 2004). Et toujours selon Guy (2004) les superficies exploitées en Afrique est de 1,8 millions d'hectares.

Au Burkina Faso elle est pratiquée dans les zones où la pluviométrie est supérieure à 800mm d'eau par an, et sur des sols à bonne capacité de rétention en eau, ayant un bon drainage et une bonne aération. Une bonne préparation du sol (labour quinze (15) jours avant les semis à 15-20cm de profondeur) est très utile. De nos jours les superficies exploitées sont estimées à plus de quarante milles (40.000) hectares et fournissent 5% de la production nationale (Traoré et Toé, 2008).

- **La riziculture irriguée :**

Un système d'irrigation assure l'apport en eau durant tout le cycle de la plante. Le riz est cultivé dans des casiers cernés de diguettes. Le sol est préparé à l'état humide. Lorsque l'irrigation est basée sur des barrages réservoirs ou de fleuves et/ou sur le pompage dans les nappes phréatiques, la double culture annuelle du riz au moyen d'un cycle en saison humide suivi d'un autre en saison sèche peut être pratiquée. Une importante fertilisation permet d'accroître le rendement, notamment avec les variétés modernes à haut potentiel de rendement. En adoptant certaines technologies modernes, les rendements peuvent atteindre 5 tonnes à l'hectare pendant la saison pluvieuse et plus de 10 tonnes en saison sèche. Cette riziculture irriguée représente 55% de la surface mondiale de récolte et 75% de la production mondiale de riz (Guy, 2004). Au Burkina Faso elle couvre 21% de l'ensemble des espaces emblavés, et fournit 53% de la production nationale (MAHRH, 2003).

- **La riziculture en eau profonde :**

La profondeur de l'eau se situe entre 1 et 5 mètres. Cette dernière provient de la crue des rivières ou de l'effet des marées près des embouchures des deltas. On sème des variétés généralement traditionnelles à haute tige. Elles s'allongent et flottent au fur et à mesure que le niveau de l'eau s'élève (on l'appelle aussi " riz flottant "). Les rendements sont bas principalement à cause des aléas climatiques (sécheresses et inondations) et de la faible utilisation d'intrants. Ce type de riziculture n'est pas pratiqué au Burkina Faso.

1-2-2 Production rizicole dans le monde

1-2-2-1 Production de paddy

Le riz est la deuxième céréale alimentaire produite dans le monde avec un volume annuel de 666 millions de tonnes en 2008. Cette production mondiale demeure concentrée géographiquement. Elle est réalisée à près de 90% en Asie orientale et méridionale. La Chine et l'Inde fournissent à eux deux plus de la moitié de la production mondiale (Andrianarisoa, 2004). La part de l'Afrique s'élève à 23,2 millions de tonnes soit 3, 48% de la production mondiale (Guy, 2004). Quant au Burkina Faso, le pays a atteint une production record de 235 000 tonnes de paddy en 2008 (MAHRH, 2009).

1-2-2-2 Les rendements

Dans la production végétale en général et rizicole en particulier le paramètre le plus important est incontestablement le rendement. Son amélioration est l’objectif principal de toutes les recherches et stratégies de production jusque là mises en œuvre. En terme de rendement la moyenne mondiale en paddy est d’environ 3,9 tonnes/ha tous types de rizicultures confondues mais il va de 3 à 12 tonnes/ha en riziculture irriguée. Les records de rendements sont respectivement 6,1, 7,2 et 9,5 tonnes/ha de paddy dans les rizicultures irriguées et intensives de Chine, des Etats-Unis et d’Australie (Andrianarisoa . 2004). Au Burkina Faso le rendement en culture irriguée varie de 3 à 6 tonnes. Dans la vallée du Sourou ce rendement varie de 3,4 à 5,4 tonnes/ha (AMVS, 2009).

1-3 LA PRODUCTION DU RIZ DANS LA VALLEE DU SOUROU

1-3-1 Organisation de la riziculture

Les périmètres aménagés de la vallée du Sourou sont exploités par deux catégories d’exploitants : les exploitants familiaux et les exploitants privés.

Les exploitants familiaux sont organisés en coopératives. Ces coopératives sont au nombre de huit. La superficie exploitée par chaque exploitant familial est de 0,5 hectare en moyenne.

Les exploitants privés, sur un même périmètre, sont organisés en comité de gestion. Ils représentent 13% des exploitants et pratiquent l’agrobusiness. Dans ce cadre ils réalisent de gros investissements, exploitent des superficies plus importantes (10 à 50 ha), produisent pour le marché. Ils ont une bonne maîtrise des itinéraires techniques.

Tableau 1:Les organisations paysannes rizicoles évoluant sur les périmètres aménagés de la Vallée du Sourou

Nom du périmètre	Type d'O P	Nombre d'exploitants			Observations
		Hommes	Femmes	Total	
50 ha	CAPIN	63	0	63	rizicole
70ha Ouest	CAPSO	31	0	31	polyculture (riz, maïs, maraîchage)
70 ha Est	Privés	78	4	82	polyculture (riz, maïs, maraîchage)
500 ha	CANI	272	0	272	polyculture (riz, maïs, maraîchage)
910 ha	SOCAMAD	203	1	204	polyculture (riz, maïs, maraîchage)
475 ha	CAD	404	0	404	polyculture (riz, maïs, maraîchage)
134/610 ha	FASO KADI	259	2	261	polyculture (riz, maïs, maraîchage)
206/610 ha	Sababounouman	455	15	470	polyculture (riz, maïs, maraîchage)
70/610 ha	CRTO	116	0	116	rizicole
Total		1822	23	1845	

Source : AMVS, 2009

1-3-2 Superficies, productions et rendements.

Dans la vallée du Sourou, le riz occupe une place de choix bien qu’on y produit plusieurs spéculations. La recherche a permis de mettre à la disposition des producteurs des variétés

performantes et adaptées de riz. L'acquisition de ces variétés performantes a donné la latitude aux producteurs d'effectuer des choix de variétés à leur convenance et selon les besoins du marché. Elle a aussi favorisé un accroissement des rendements. Ainsi les variétés produites sont les FKR 19, 28, 60 et 62N ainsi que la TS2.

En termes de superficie au cours des dix dernières années son évolution a été en dents de scie. Si de 2000 à 2002 les superficies oscillaient entre 2053 et 2092 hectares, on assiste de 2003 à 2004 à une diminution régulière des superficies emblavées (1243 hectares). Une légère augmentation des superficies a été observée de 2005 à 2007. Ce n'est qu'en 2008 que les superficies emblavées ont été en augmentation significatives (figure 1).

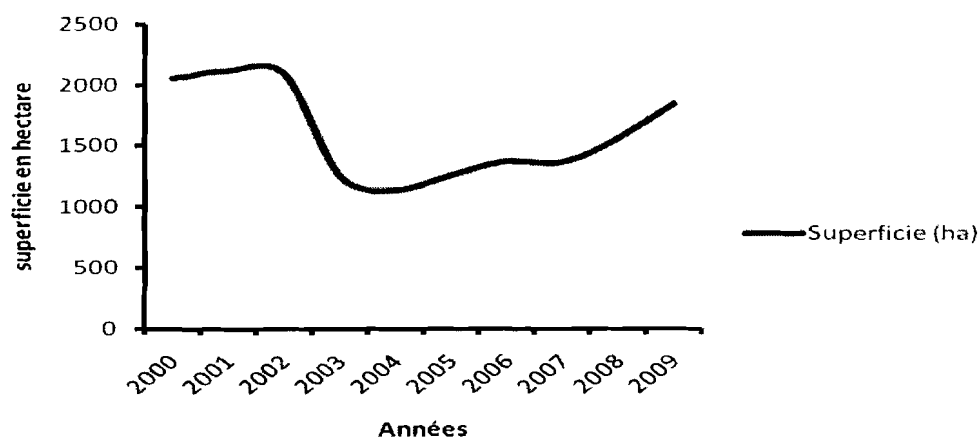


Figure 1: évolution des superficies rizicoles de 2000 à 2009 dans la vallée du sourou

Pour les rendements ils sont en constante évolution de 2000 à 2009 (figure 2) excepté 2005 où ils ont connu une baisse significative. Le rendement moyen le plus élevé constaté est de 5430 kg/ha obtenu en 2009. Quant à la production elle suit l'évolution des superficies emblavées en relation avec les rendements (figure 2). Ainsi, de 2000 à 2009 la production variait de 4 325 tonnes (2005) à 10023,78 tonnes (2009).

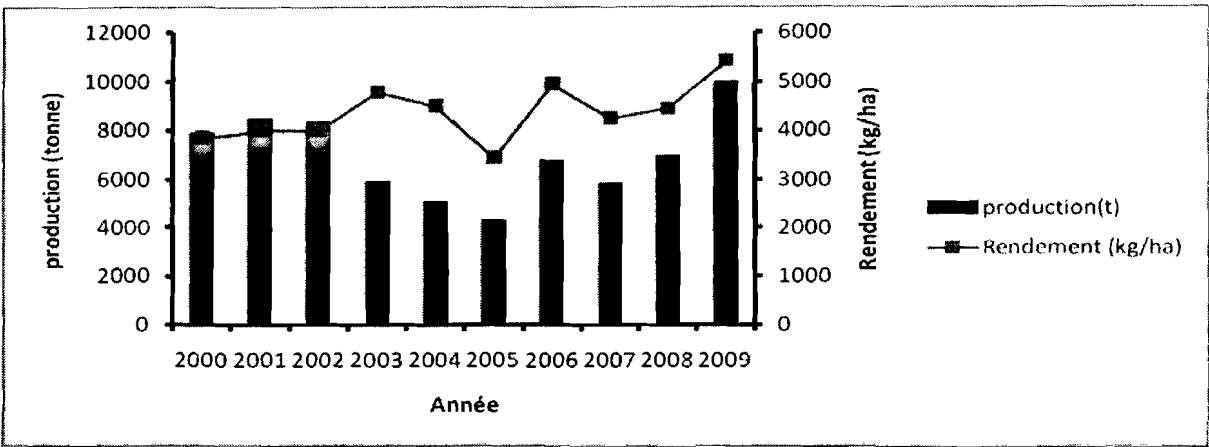


Figure 2: évolution des productions et des rendements de 2000 à 2009 dans la vallée du sourou

1-4 BESOINS EN AZOTE DU RIZ

Une des composantes majeures dans la productivité de la riziculture irriguée est l'alimentation azotée en ce sens qu'elle affecte toutes les phases dont dépend le rendement du riz. Les engrais azotés sont ceux qui donnent la meilleure réponse en riziculture. Leur action la plus manifeste se traduit par le verdissement rapide et la croissance de la végétation (Dobelmann, 1976).

La déficience en azote est généralement considérée comme la principale cause des baisses de rendement (Narteh & Sahrawat, 1997; Cassman et *al.*, 1998; Fageria & Baligar, 2001). Le déficit d'azote entraîne la réduction du nombre de talles, réduisant ainsi le nombre de panicules et de grains (Bandaogo, 2010). Ces composantes expliquent une grande partie de la variabilité du rendement (Dicko, 2005). Plusieurs causes peuvent être à la base d'un déficit en azote du riz dont entre autres :

- la faible fertilité du sol provoquant une faible fourniture en azote minéral ;
- l'insuffisance et la faible efficience des apports d'azote sous forme d'engrais ;
- la période d'assèchement prolongée pendant la croissance du riz

L'efficacité d'absorption de l'azote minérale varie de 20% à 60% en fonction des conditions (type de sol, maîtrise de l'eau, pH et température de l'eau), des doses et des modalités d'apport (fractionnement ou non) et des variétés (CIRAD-GRET, 2006).

La plante de riz est aussi bien capable d'absorber et d'utiliser le nitrate que l'ammonium mais en condition de submersion, l'ammonium reste la principale forme disponible donc la plus absorbée (Tadano & Yoshida, 1978). Le niveau d'alimentation azotée de la plante dépend de l'adéquation entre l'évolution des besoins en azote de la plante au cours du cycle (liés à la vitesse de croissance) et la disponibilité en azote dans le sol. Kirk & Kronzucker (2000) cités par Bandaogo (2010) montrent que le riz absorbe 50% de son azote entre 35 et 45 jours après repiquage c'est à dire pendant la période où sa vitesse de croissance est maximale. On peut observer que cette période inclut l'initiation paniculaire qui détermine le nombre d'épillets. Les résultats des travaux de Cassman et *al.*, (1998) ont montré des prélèvements proches de 10 kg de N/jour/ha après un apport d'urée à l'initiation paniculaire. Il est donc nécessaire voire indispensable de définir les stades clés auxquels les engrais azotés doivent être apportés. Selon Yoshida (1981) la formation de la jeune panicule et celle du nombre d'épillets sont sous le contrôle de la nutrition azotée.

MENTION BIEN

1-5 SOURCES D'AZOTE POUR LE RIZ

Il existe deux principales sources d'azote pour le riz en culture irriguée. La première est constituée par les apports extérieurs sous forme d'engrais (minéral principalement) ou par fixation de l'azote atmosphérique. La seconde est constituée par la minéralisation de la matière organique.

1-6 VOIES DE PERTES D'AZOTE EN RIZICULTURE IRRIGUEE

Les pertes d'azote se font par :

➤ **Volatilisation de l'ammoniac (NH_3)** sous l'influence du pH (pH généralement > 8), de la température (température $> 40^\circ\text{C}$) et de la concentration en ammonium dans la lame d'eau en cas d'épandage en surface. Selon Narteh et Sahrawat (2000) la volatilisation concerne 25 à 30% de l'azote appliqué mais peut atteindre 75% de l'azote total 11 jours après un apport d'urée. Rao et Batta (1983) lient la volatilisation en priorité au pH. Pour ces auteurs le phénomène s'observe en priorité sur des sols alcalins et une augmentation du pH conduit toujours à accroître les pertes gazeuses.

➤ **Dénitrification** qui est la transformation bactérienne des nitrates (NO_3^-) en oxyde d'azote (NO_2) ou azote moléculaire. Les facteurs qui régulent ce mécanisme sont la concentration en O_2 dissout, la disponibilité en nitrate et en source d'énergie pour les microorganismes hétérotrophes. Les pertes sont supérieures dans des conditions d'alternance assèchement-réhumectation du sol et lorsque la CEC du sol est faible. Il existe des pertes par dénitrification directement à travers la plante de riz. Cela a été mis en évidence par Inko *et al.* (1998) mais Fillery et De Datta (1986) trouvent que ces pertes sont faibles après un apport d'urée (entre 5 et 11%).

➤ **Lixiviation ou lessivage du nitrate (NO_3^-)** qui est l'entraînement des ions nitrates en solution hors du profil du sol. Cette voie de perte est favorisée par un drainage important car dans des conditions de faible perméabilité les pertes par lixiviation sont négligeables (Barral et Dicko, 1996 ; Valenza, 1996 ; Jensen, 1994)

➤ **Ruissellement de surface pour l'azote ammoniacal:** c'est l'entraînement de l'azote ammoniacal par les eaux de ruissellement.

De toutes ces voies de perte, la volatilisation et la dénitrification restent les plus importantes (Dicko, 2005).

1-7 CONSEQUENCES ENVIRONNEMENTALES DES PERTES D'AZOTE

Les pertes d'azote ont des conséquences significatives du point de vue environnemental :

- l'azote ammoniacal perdu par ruissellement peut atteindre facilement les cours d'eau où il devient hautement toxique pour la vie aquatique ;
- le lessivage des nitrates peut causer des problèmes de qualité des cours d'eau, des puits et des aquifères ;
- la dénitrification des nitrates mène à l'émission de protoxyde d'azote (NO_2) qui est un gaz à effet de serre qui serait 350 fois plus puissant que le gaz carbonique (CO_2).

1-8 FERTILISATION EN RIZICULTURE IRRIGUEE

L'aménagement rationnel des rizières au point de vue hydraulique, l'utilisation des variétés très productives et l'amélioration des techniques culturales permet d'obtenir des rendements de plus de 5 tonnes à l'hectare (Yaméogo, 2009). En effet en riziculture aquatique le riz répond généralement bien à la fertilisation surtout azotée si la lame d'eau est maintenue dès le début de la culture. Mais pour maintenir ces rendements il faut nécessairement relever le niveau de fertilité des sols pauvres et compenser les exportations d'éléments minéraux consommés par la récolte du grain et de la paille (Dobelman, 1976) d'où l'importance de la fumure. En effet une récolte de 100 kg de paddy exporte, selon que la paille est restituée ou non, 1,1 à 2 kg d'azote, 0,6 à 1 kg de P_2O_5 et 0,3 à 1,3 K_2O (Camille, 1997). La restitution des pailles par enfouissement ou sous forme de fumier participe au maintien de la fertilité des rizières. En outre, étant donné la diversité des sols consacrés à la riziculture et la variabilité de l'importance du poids en éléments fertilisants exportés par les récoltes, les formules de fumure à généraliser doivent être basées sur les résultats obtenus en essais ainsi que l'étude des coûts qui permettent pour un même type de sol de recommander qualitativement et quantitativement les éléments fertilisants nécessaires (Yaméogo, 2009). Ainsi dans la Vallée du Sourou les doses appliquées en riziculture irriguée sont les suivantes :

- ◆ En saison humide: 200 kg de NPK au repiquage, 100 kg d'urée 19 jours après repiquage et 100 kg d'urée avant l'initiation paniculaire ;
- ◆ En saison sèche : 200 kg de NPK au repiquage, 100 kg d'urée 19 jours après repiquage et 100 kg d'urée avant l'initiation paniculaire.

Or les résultats des travaux de Yaro (1995) recommandaient les doses suivantes/

- ◆ En saison humide : 300 kg de NPK au repiquage, 35 kg d'urée 19 jours après repiquage et 65 kg d'urée avant l'initiation paniculaire ;
- ◆ En saison sèche : 300 kg de NPK au repiquage, 75 kg d'urée 19 jours après repiquage et 75 kg d'urée avant l'initiation paniculaire.

A la Vallée du Kou il était recommandé 300 kg NPK 14 - 23 - 14 au repiquage et 100 kg d'urée en saison humide dont 1/3 au tallage et 2/3 à l'initiation paniculaire (Nebié, 1995). En saison sèche l'urée est apportée à la dose de 150 kg/ha, la dose de NPK étant la même qu'en saison humide. On voit apparaître ici la notion du fractionnement de l'urée pour répondre plus efficacement à des besoins nutritionnels qui sont étalés dans le temps.

Plus récemment à Bagré, Segda et *al.* (2005) recommandaient une fumure alternative de 116 kg de N/ha en saison humide et en saison sèche pour des doses de phosphore et de potassium respectivement de 20,9 kg/ha et 19,9 kg/ha en saison humide et en saison sèche en lieu et place de

la fumure classique de 105 kg de N/ha en saison sèche et humide ; avec des doses de phosphore et de potassium respectives de 31,4 kg/ha et 29,9 kg/ha (Yaméogo 2009).

1-9 INTERET DU PLACEMENT PROFOND DE L'UREE SUPER GRANULEE

En production végétale la gestion de la fertilité est capitale dans la mesure où au plan agronomique, la fertilité est l'aptitude d'un sol à assurer la production (Traoré et Toé, 2008). Selon Lavigne (1996) elle est une mesure quantitative liée à la richesse du sol en éléments minéraux. Elle peut augmenter ou décroître en fonction des pratiques culturales. Ainsi la dégradation chimique des sols est le résultat de l'appauvrissement de ceux-ci en éléments nutritifs. Cette dégradation en zone soudano-sahélienne est plus rapide en ce qui concerne les éléments majeurs. L'azote et le phosphore sont les deux facteurs limitant de la production (Kessler et Geerling 1994 cité par Traoré et Toé 2008) en général. Mais en riziculture en particulier l'azote est le facteur le plus limitant. Cependant l'utilisation massive des engrais minéraux dans leur formule actuelle peut aussi entraîner un appauvrissement des sols en bases (acidification) et en matières organiques qui se traduit particulièrement par une déficience en potassium et une toxicité en aluminium (Sédogo, 1993 cité par Yaméogo, 2009). Des stratégies de maintien et d'amélioration de la fertilité par la réduction des pertes des éléments nutritifs doivent être adoptées. Celles - ci doivent, en outre, protéger la végétation naturelle et la faune sauvage de l'environnement. Cela suppose, entre autre, l'utilisation des produits agrochimiques et des engrais organiques et surtout minéraux en quantité et en qualité en temps voulu selon des méthodes appropriées aux exigences agronomiques et environnementales. Dans le cadre de la production rizicole il est souhaitable que la détermination de la forme d'apport de fertilisants azotés adoptée convienne aux conditions environnementales et réponde aux attentes des agriculteurs (Société japonaise des ressources vertes, 2001). C'est en cela qu'en riziculture irriguée la forme granulée de l'urée répond le mieux à ses exigences agronomiques et environnementales car l'granules d'urée placée en profondeur entraine une diffusion lente de l'azote sur une période de 65 jours (Gaudin, 1988). Ce qui permet à la plante de l'utiliser au besoin durant les principales phases de son cycle.

1-10 TECHNOLOGIE DE L'UREE SUPERGRANULEE

L'urée supergranulée a été développée en Asie par l'IFDC en 1975 en partenariat avec l'Institut International pour la Recherche en Riziculture (IRRI) basé aux Philippines. Il existe plusieurs méthodes de production des super granules d'urée mais pour des raisons de simplicité et de coût de production, le briquetage paraît être la méthode la plus viable (Savant et Stangel, 1990). C'est cette méthode qui est utilisée par l'IFDC au Burkina Faso dans la production des granules. Elle consiste à comprimer l'urée ordinaire dans une machine. Dans la machine, l'urée passe entre deux tambours identiques munis de poches mais tournant en sens inverse permettant la compression

de l'urée qui ressort sous forme de granules d'urée (IFDC, 2003) (figure 3). La masse du produit formé est variable (0,9 à 2,7g) et dépend du calibrage des poches des tambours. Le prototype dont dispose l'IFDC au Burkina Faso a une capacité de granulation de 450 kg/h. L'aspect présenté par les granules d'urée fournit une opportunité de placement en profondeur.

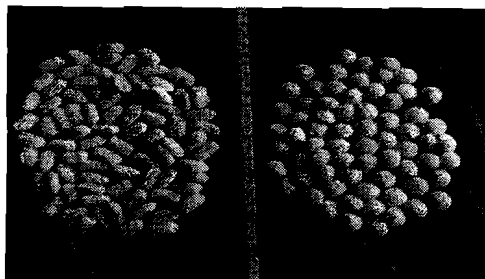


Figure 3: granules d'urée (cliché Louis, 2009)

1-11 TECHNIQUE DU PLACEMENT PROFOND DE L'UREE

En fertilisation azotée du riz irrigué, l'enfouissement de l'urée dans la partie anaérobie du sol conduit à privilégier une alimentation ammoniacale des racines tout en évitant une perte d'azote par le processus de nitrification-dénitrification (Gaudin, 1991). Pour réaliser l'apport profond dans les conditions correctes, il faut utiliser les supergranules d'urée. Ceux-ci sont placés, pour le moment, à la main à une profondeur de 7 à 10 centimètres. Ils sont placés de préférence une semaine après le repiquage à raison d'un granule pour quatre plants. Le granule est placé entre les quatre plants (figure 4). Le sol doit être à l'état boueux au moment du placement

Par ailleurs le succès du placement profond de l'urée est conditionné par un certain nombre de facteurs. Selon l'IFDC (2003) ces facteurs sont les suivants :

- sols ayant une faible perméabilité (vitesse de percolation inférieure à 1 cm/jour),
- sols contenant beaucoup d'argile associée à la condition de percolation, **ATTENTION BIEN**
- sols à capacité d'échange cationique (CEC) supérieure à 10 cmol/kg (Savant et al, 1983).
- sols à pH proche de la neutralité ou légèrement alcalin,
- variétés améliorées de riz à haut rendement (5 à 10 t/ha), résistance/ tolérance à la toxicité ferrique, aux maladies (Pyriculariose) et aux attaques d'insectes (*Diopsis*) et dont le cycle est d'environ 120 jours.
- la quantité des granules d'urée utilisée doit être fonction de la densité de repiquage car la dose d'urée augmente avec la densité. Une granule nourrissant quatre plants de riz.

En plus de ces facteurs, Pasandaran et al., (1999) ont ajouté que l'efficacité de l'irrigation conditionne également le succès de les granules d'urée. En effet, sur un sol sec l'azote de l'urée peut subir une nitrification du fait des molécules d'oxygène et être perdu par dénitrification après avoir été réduit.

1-12 INTERETS AGRONOMIQUES, SOCIO-ECONOMIQUES ET ENVIRONNEMENTAUX DU PLACEMENT PROFOND DE L'UREE SUPERGRANULEE

1-12-1 Intérêts agronomiques

La technologie du placement profond de l'urée comporte de nombreux avantages dont l'augmentation de l'efficacité de l'urée en riziculture inondée grâce à une réduction significative des pertes d'azote liées aux émissions gazeuses, au lessivage et une seule application par cycle (Gaudin, 1991; IFDC, 2003 et 2009 ; Segda et *al.*, 2006). Cette réduction des pertes d'azote conduit à une augmentation de la production du riz avec une dose d'urée inférieure par rapport celle généralement utilisée. En outre le PPU réduit de 50% les besoins en apport d'urée et entraîne une augmentation du rendement du paddy de 15 à 25% (IFDC, 2009). Les résultats des travaux de Bowen et *al.* (2004) ont attesté une augmentation des rendements dans 75 % des parcelles de riz fertilisées avec les granules d'urée. Pasandaran et *al.*, (1999) à travers leurs travaux réalisés en Indonésie sur l'utilisation de l'granules d'urée précisent que cette technologie entraîne une augmentation du rendement de 400 kg/ha de paddy en moyenne. Selon ces auteurs cette augmentation est essentiellement due à une augmentation de l'efficacité d'utilisation de l'azote appliqué. Aussi les travaux de IFDC au Bangladesh dans des centaines d'essais en plein champ ont montré que la technique du PPU permet d'augmenter les rendements du riz de 22% en moyenne comparativement à la méthode d'épandage à la volée.

L'illustration de la répartition de l'azote au niveau des grains, de la paille, du sol et le pourcentage de volatilisation pour les deux types d'urée en comparaison est faite dans la figure 2. Cela prouve aussi que le placement profond de l'USG permet une meilleure utilisation de l'azote par rapport aux pratiques paysannes (PP).

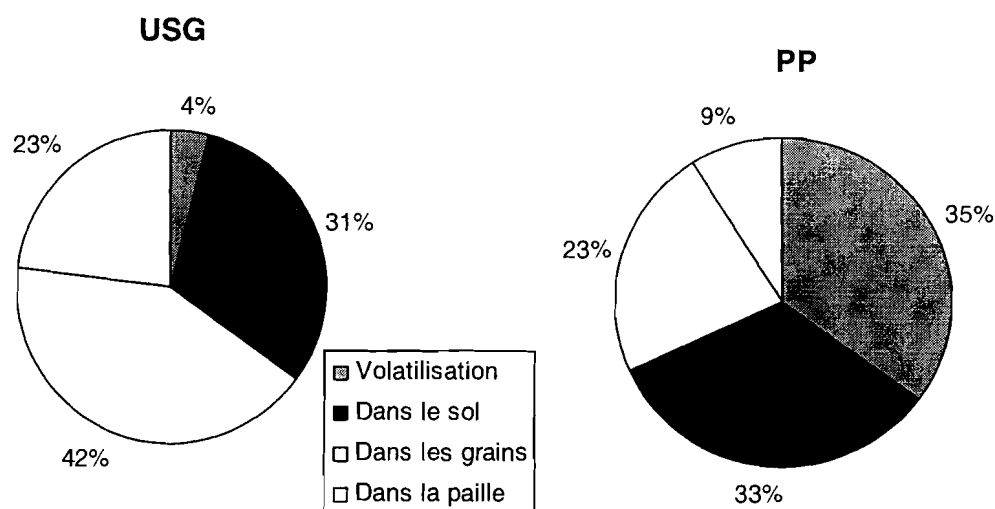


Figure 4: répartition comparée de l'azote (N) entre granules d'urée et urée simple en saison humide

Source: Roy (2003) et IFDC (2003).

1-12-2 Intérêts socio-économiques

L'objectif de tout producteur est de produire davantage à moindre coût. En Indonésie, la consommation de l'urée était passée de 342,260 t en 1969 à 3696,25 t en 1995 (Pasandaran et *al*, 1999), alors que l'utilisation des granules d'urée pourrait réduire ces valeurs de l'ordre de 60 kg/ha diminuant ainsi les dépenses d'engrais. Aussi cette nouvelle technologie augmente sensiblement les rendements qui entraîne du même coup une augmentation du profit des producteurs donc une amélioration de leurs revenus (Pasandaran et *al*, 1999 ; Bowen et *al*, 2004). Elle a réduit l'utilisation de l'urée de 47% au Bangladesh et augmenté les marges bénéficiaires de 24% (IFDC, 2007). En plus des agriculteurs, cette nouvelle technologie offre une opportunité aux entreprises d'exploiter une nouvelle aire de business et contribuer au développement de l'économie nationale (IFDC, 2003). A l'échelle nationale, c'est une technologie qui pourrait contribuer à la création d'emplois en milieu rural et augmenter la production nationale en riz paddy (IFDC, 2003).

1-12-3 Intérêts environnementaux

La technologie du placement profond de l'urée diminue les pertes par volatilisation (Pasandaran et *al*, 1999 ; IFDC, 2003 ; Bowen et *al*, 2004). Pour ces auteurs, cette réduction des pertes vers l'environnement est due au fait que :

- les fortes quantités d'azote emportées par les eaux de drainage qui sont de l'ordre de 40% lorsque l'urée est épandue à la volée sont réduites à 1% avec le placement en profondeur de l'urée ;
- les pertes par volatilisation qui sont de l'ordre de 35% pour l'épandage à la volée sont réduites à 4% avec le placement profond de l'urée;

- la dénitrification résultant de la réduction des nitrates en milieu anaérobie est presque inexistante. On note également une réduction de l'émission de NO_2 (gaz à effet de serre) vers l'environnement.

1-13 LA DIFFUSION DE LA TECHNOLOGIE DU PLACEMENT PROFOND DE L'UREE SUPERGRANULE

Le défi majeur de la planète est d'assurer une production agricole adéquate pour satisfaire au double impératif de sécurité alimentaire et de compétitivité agricole tout en préservant l'environnement. L'IFDC (2000) pense que l'amélioration de la sécurité alimentaire, la productivité et la compétitivité de l'agriculture ne sont possible qu'à partir de la formulation de stratégies sur la base d'une approche intégrée qui embrasse la fertilité des sols et l'étude globale des systèmes de production dans leur environnement socio-économique

La gestion intégrée de la fertilité des sols doit être considérée dans le contexte des facteurs qui influencent les exploitations familiales et les systèmes de production agricole de toute la communauté. L'environnement dans lequel opère le système agricole familial est constitué de facteurs biologiques et physiques qui influencent le potentiel des cultures. Les facteurs socio-économiques comprennent les facteurs endogènes qui sont gérés au niveau familial (main d'œuvre et capital) et des facteurs exogènes qui dépassent le contrôle individuel des agriculteurs (facteurs sol, eau, intrants nécessaires à la production). Les travaux de Latham et al., 1985 ont montré que les technologies d'intensification agricoles ont souvent échoué au niveau de l'application en raison de l'inadaptation de certaines techniques aux sols considérés et/ou par absence de prise en compte de facteurs socio-économiques, naturels ou humains limitatifs. En effet selon Bandaogo, 2010, la diffusion de toute innovation doit prendre en compte la logique des acteurs qui se la réapproprient en les adaptant à leur environnement. Cette logique se base en général sur les aspects techniques, économiques et sociaux.

- Sur le plan technique l'exigence de perfection qui accompagne la diffusion de l'innovation et impliquant d'importantes contraintes techniques pour les producteurs que certains ne sont pas à mesure de maîtriser même avec l'appui technique permanent induit d'importants taux de désapprobation (Moser et al. 2003) ;

- Sur le plan socio économique les travaux de Moser et al. (2002) au travers des tests économétriques ont montré un impact significatif de l'effet de conformité sociale sur la décision initiale d'adoption. Aussi une dissuasion d'innover induite par la pression sociale implicite renforce la croyance en la supériorité de l'ancienne technique sur la nouvelle en terme de risque alors qu'elle même est dominée en terme de rentabilité (Gannon et al., 2006).

Le Placement Profond des granules d'Urée est une façon efficace de gérer la fertilisation azotée en enfouissant de grosses briquettes d'urée dans le sol après le repiquage du riz. Elle réduit le nombre d'application de l'urée qui passe de deux voire trois, à une seule par an. Seulement pour son utilisation à grand échelle, les producteurs doivent en disposer en début de campagne (Pasandaran et *al.*, 1999). Cependant, des contraintes d'approvisionnement se posent. En effet à Kabupaten Subang en Indonésie, la demande saisonnière est de 400 tonnes pendant que la production est de 100 tonnes (AARD, 1993 ; 1996 cités par Pasandaran et *al.*, 1999). Par ailleurs le caractère hygroscopique de l'urée super granule le rend plus périssable et par conséquent pose des problèmes de stockage. En effet dans des conditions d'humidité, les granules ont tendance à se prendre en masse (Pasandaran et *al.*, 1999).

Le développement de la technique du PPU nécessite donc que la production soit décentralisée au niveau des centres de consommation et que la distribution se fasse dans un bref délai pendant la période de repiquage (Pasandaran et *al.*, 1999). En effet au Bangladesh, plus de 550 000 riziculteurs emploient la technique parce qu'on y dénombre selon IFDC (2007) 10 producteurs fabricants de machines à briquettes. Ils en ont vendues jusqu'à 2000 unités. Vu l'engouement pour la technique, le département de la vulgarisation agricole bangladeshi a proposé l'utilisation des fonds du gouvernement pour appuyer un projet spécial visant à faciliter l'accès des riziculteurs à la technique du PPU. Au Vietnam, plus de 6700 producteurs emploient la technique du PPU. Ce pays dispose de 4 fabricants de machines à briquettes, 12 producteurs de briquettes et 4 détaillants (IFDC, 2007).

CHAPITRE II : MATERIELS ET METHODE

2-1- PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

2-1-1 Situation géographique

La vallée du Sourou où se déroule notre étude doit son nom au fleuve Sourou. Elle est située au Nord-Ouest du Burkina Faso à 45 km à l'est de Tougan et à 270 km de Ouagadougou dans la province du sourou. Son axe suit le méridien 3°27' Ouest sur une cinquantaine de km depuis le confluent du fleuve Mouhoun près de Léri jusqu'à la frontière malienne vers DI et Wé. Elle est limitée au Nord par la frontière Burkina- Mali, à l'Est par le méridien 3°20' Ouest, à l'Ouest par le méridien 4° Ouest et au sud par le parallèle 12°40' Nord. Ses périmètres irrigués sont limités à l'Ouest par le fleuve Sourou, à l'Est par les villages de Lô, Bossé et Tani, au Nord par les villages de Benkadi ou Toma-Koura et au Sud par les villages de Gouran et Touroukoro. Son potentiel aménageable sur le territoire burkinabé se situe à cheval entre quatre provinces (Kossi, Mouhoun, Nayala et Sourou).

2-1-2 Réseau hydrographique et potentialités d'irrigation

Le réseau hydrographique est constitué de deux fleuves : le Mouhoun, le Sourou et de son affluent le Débé.

Le fleuve sourou est orienté Nord-Est vers le Sud sur une distance de 120 kilomètres de Toroli (Mali) jusqu'à Léry (Burkina Faso). Si dans le passé le sourou est resté tributaire du comportement hydrologique du fleuve Mouhoun, aujourd'hui le remplissage de la vallée est assuré du fait de la réalisation en 1984 d'une digue batardeau coupant le lit mineur du Mouhoun et la construction d'un canal de dérivation joignant directement le lit mineur du Mouhoun à celui du Sourou en amont du barrage de Léry. Le fonctionnement hydraulique de la vallée et de l'amont du fleuve Mouhoun se trouve ainsi modifié. Il ya eu, à cet effet, une augmentation de la surface irrigable à partir des eaux stoppées dans le fleuve Sourou pouvant atteindre près de 600 000 000 de m³. La superficie inondable est passée de 24 000 à 68 000 hectares dont environ 57 000 en territoire burkinabè.

La vallée a un potentiel irrigable de près de 57 000 ha étalé sur 45 km.de long. Mais seulement 3 818 ha sont effectivement aménagés. Environ 3000 producteurs exploitent le site et sont organisés en 11 coopératives agricoles, 04 groupements de producteurs. Il ya également 17 entrepreneurs agricoles. Le système d'exploitation de la majorité du périmètre est de type paysannat avec une superficie moyenne de 1ha par producteur.

L'irrigation des périmètres se fait suivant trois types de systèmes. Il s'agit :

- du système gravitaire pour 3 035 ha aménagés qui assure l'essentiel de l'irrigation de la vallée ;

- du système californien pour 144 ha aménagés à Guiédougou. Ce système est non fonctionnel pour des raisons de gestion;
- et du système par aspersion pour 620 ha aménagés. Ce système est utilisé par les agro-business-men installés dans la vallée. Il assure aussi l'irrigation en appoint en saison pluvieuse (AMVS, 2009).

Le système de vulgarisation en place dans la vallée est basé essentiellement sur deux outils : les parcelles de démonstration et les visites commentées.

2-1-3 Climat

En termes de climat la vallée du Sourou s'inscrit dans un ensemble qui appartient au domaine climatique de type soudano-sahélien. Selon le découpage phytogéographique (Guinko, 1995), la vallée du Sourou se situe à cheval entre deux grands secteurs:

- le secteur subsahélien caractérisé par une pluviométrie comprise entre 550 et 750 mm par an ;
- le secteur nord soudanien, dont la pluviométrie est comprise entre 700 et 900 mm par an.

Cette pluviométrie est propice au développement des cultures pluviales et fruitières.

La moyenne pluviométrique annuelle de 2001 à 2010 est de l'ordre de 688,5 mm de pluie. Au cours de ces dix années, six ont été excédentaires et quatre déficitaires. L'année au cours de laquelle l'activité de la mousson a été la plus intense est 2003 avec 934,3 millimètres de pluies recueillis. L'année la moins pluvieuse a été 2002 avec 413 millimètres de pluies recueillis (figure 5) La saison hivernale va en général de juin à octobre et la pluviométrie est fortement variable d'une année à l'autre.

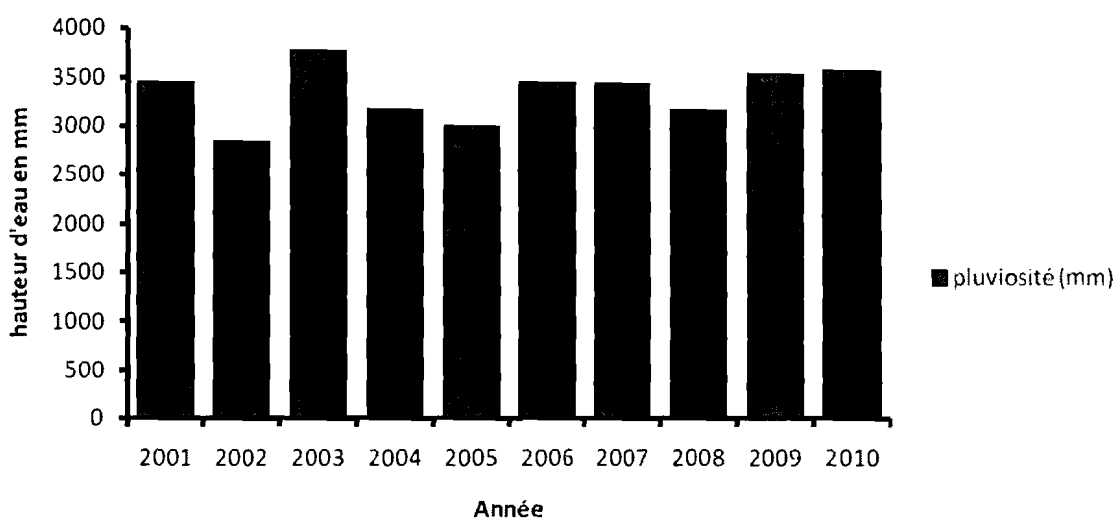


Figure 5: évolution de la pluviosité des dix dernières années dans la vallée du sourou

La température moyenne annuelle de 2001 à 2010 étant de 22,6 °C à 36,1°C. Les plus fortes températures sont localisées aux mois d’Avril, Mars, et Mai avec respectivement 40,4°C, 40,1°C et 39,5°C. Les températures les plus basses se rencontrent en Décembre (15,7 °C) et Janvier (15,9°C) (Figure 6). De 2001 à 2010 les plus fortes températures ont été observées en Avril 2005 dont la moyenne mensuelle est de 41,6°C avec un pic de 42,7°C en moyenne observé à la 1^{ère} décade. Les températures les plus basses ont été observées en janvier 2008 avec une moyenne mensuelle de 13,8°C. Le pic de ce mois se situe à 12,1°C en moyenne observé à la 1^{ère} décade. Au cours de la période 2001-2010 l’amplitude est de 13,5°C.

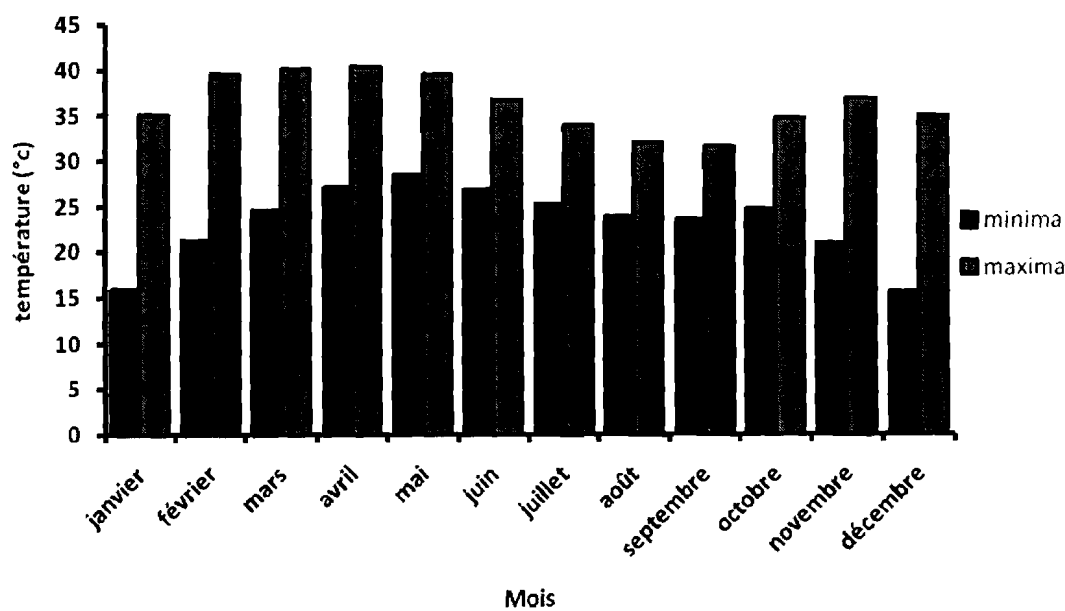


Figure 6: évolution de la température 2010 dans la vallée du Sourou

2-1-4 Sols

Pour les caractéristiques pédologiques de la vallée, elles s’insèrent dans celles de la commune de DI. On distingue pour ce faire:

- les vertisols : ils sont caractérisés par de fortes teneurs en argiles gonflantes corrélatives d’une capacité d’échange importante et de formation de fissures à la suite de dessiccations et d’humectations successives du milieu. Leur richesse chimique est élevée mais ils sont difficiles travailler avec les outils traditionnels. Des rendements intéressants peuvent être obtenus sur ces sols en maïs, sorgho, coton à condition d’opter pour un travail mécanisé permettant un labour profond d’ameublissement. Ce sont d’ailleurs les meilleurs sols du pays et couvrent 9084 ha dans la commune de DI (Mairie de Di, 2009);
- les sols peu évolués d’érosion gravillonnaire sur cuirasses ferrugineuses. Ils sont caractérisés par un profil faiblement différencié de type AC où l’horizon humifère repose soit sur un matériau parental formé de roche en altération, soit sur une cuirasse ferrugineuse. Ils ont une faible

profondeur (<40cm). Leur valeur agricole est faible ou nulle. Néanmoins ils offrent des potentialités éventuelles pour la production du mil et de l'arachide mais sont plus favorables comme zones de parcours de bétail. Ils couvrent 10006 ha de la commune de Di.

➤ Les sols hydromorphes (sur matériaux argilo-sableux) : évoluant essentiellement sous l'influence d'un excès d'eau temporaire ou permanent, ces sols ont un profil profond (> 100cm). Ils ont une texture en général fine avec de bonnes réserves hydriques. Leur fertilité chimique est moyenne. Ils sont propices à la riziculture et au maraîchage. Ce sont les sols les plus répandus dans la commune de Di. Ils couvrent 11522 ha (Mairie de Di, 2009).

Pour la riziculture irriguée elle est pratiquée essentiellement sur les sous groupes de sols bruns eutrophes tropicaux vertiques (BEV) et sols bruns eutrophes tropicaux ferruginisés (BEF).

2-1-5 Végétation

La végétation naturelle est constituée, essentiellement, d'une savane arbustive relativement dense comportant de petites clairières réservées aux champs des cultures pluviales. Les espèces ligneuses les plus fréquemment rencontrées sont : *Acacia dudgeoni*, *Acacia senegal*, *Acacia. laeta*, *Combretum nigricans*, *Combretum glutinosum*, *Combretum micranthum* *Sclerocaria birrea*, *Vitellaria paradoxa*, *Guiera senegalensis* . *Lannea microcarpa* (raisinier), *Faidherbia albida*, *Khaya senegalensis*, *Tamarindus indica*, *Balanites aegyptiaca*.

Le tapis herbacé est dominé par *Loudetia togoensis*, *Andropogon ascinodis* et *Pennisetum pedicellatum*.

2-2 MATERIELS

2-2-1 Sols

Pour mener l'expérimentation les essais ont été implantés sur deux parcelles présentant des différences en termes de vitesse d'infiltration de l'eau. Il s'agit d'un sol tropical brun eutrophe vertique (BEV) dont la vitesse d'infiltration est inférieure à 1cm/jour et un sol tropical brun eutrophe ferruginisé (BEF) dont la vitesse d'infiltration est supérieure à 1cm/jour. Le BEV a été qualifié de sol lourd et le BEF a été qualifié de sol filtrant et cela en fonction de la vitesse d'infiltration. L'estimation de la vitesse d'infiltration a consisté à planter un piquet dans chaque parcelle juste après l'entrée d'eau d'irrigation et à marquer le niveau de la lame d'eau sur le piquet au temps T_1 . Puis 24 heures après (temps T_2), on mesure la diminution de la lame d'eau (en cm/jour) en lisant sur le piquet la réduction en cm de la lame d'eau. L'exercice est répété pendant quatre (4) séquences consécutives.

2-2-2 Fumures minérales utilisées

2-2-2-1 Engrais phospho-potassiques

Le triple super phosphate(TSP) contenant 46% de P_2O_5 et le chlorure de potassium (KCl) contenant 60% de K_2O ont été utilisés pour la fourniture respectivement du phosphore (P) et du potassium (K). Les quantités apportées sont respectivement 104 kg/ha pour le TSP et 43 kg/ha pour le KCL

2-2-2-2 Urée ordinaire

L'urée contenant 46% de N a été utilisée pour la fourniture de l'azote. Deux doses ont été apportées : 113 kg/ha et 174 kg/ha

2-2-2-3 Granules d'urée ou Urée super granulé (USG)

Toujours pour la fourniture de l'azote, les granules de 1,8 g et 2,7 g à raison de 113 Kg/ha pour les granules de 1,8 g et 174 Kg/ha pour les granules de 2,7 g.

2-2-3 Matériel végétal

Les variétés de riz qui ont été utilisées sont : FKR 19, FKR 28, FKR 62N et TS 2. Un aperçu sur l'origine, le cycle végétatif et le rendement potentiel sont présentés dans le tableau 2 suivant.

Tableau 2: caractéristiques des variétés de riz utilisés

Variétés	Origine	Cycle semis-maturité (jour)	Caractéristiques	Rendement potentiel (t/ha)
FKR 19	Nigeria	120	Riz de bas-fond ; résistant à la Pyriculariose.	5-6
FKR 62N	ADRAO ST Louis	118	Riz de bas-fond, bonne qualité des grains, plasticité.	5-7
FKR28	IITA-Nigeria	125	Riz irrigué, résistant à la Pyriculariose.	5-7
TS2	Taiwan	120	Riz de bas-fond, résistant à la pyriculariose et à la verse.	6-7

Source : Programme riz de l'INERA (Station de Farako bâ, 2008)

2-3 METHODE

La méthodologie a consisté à mettre en place des tests de placement profond de l'urée en milieu paysan au cours de cette campagne humide 2010. Les parcelles de deux producteurs ont été retenues suivants deux types de sol (sol filtrant et sol lourd) pour mener les tests. Les parcelles étaient situées au périmètre 50 ha (sol lourd) et au périmètre 500 ha (sol filtrant).

2-3-1 Dispositif expérimental

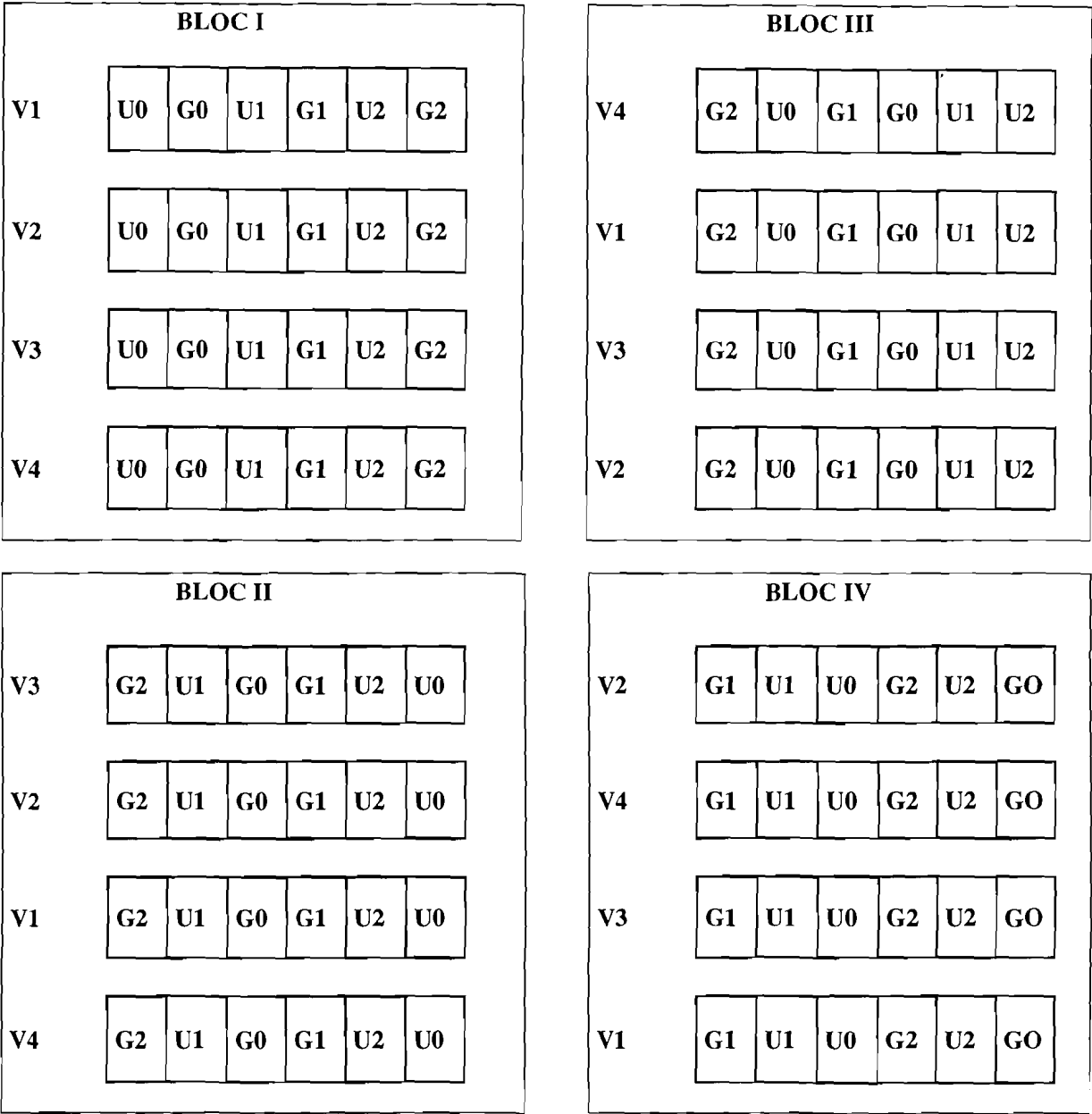


Figure 7: dispositif expérimental

L'évaluation des technologies d'apport de l'urée a été effectuée à travers une expérimentation sur le terrain. Le dispositif expérimental est un split-plot (figure 8). Les variétés constituent le premier facteur. Elles sont sur les parcelles principales de 120 m² chacune. Les formules de fertilisation constituent le second facteur. Elles sont sur les parcelles secondaires de 20 m² chacune. Dans chaque répétition les variétés ont été randomisées d'abord puis les formules de fertilisation.

Pour les parcelles principales les traitements sont au nombre de quatre (04):

- ✓ V1: correspondant à la variété FKR19 ;
- ✓ V2: variété FKR62N ;
- ✓ V3: variété TS2 ;
- ✓ et V4: variété FKR28.

Pour les parcelles secondaires il ya six (06) traitements. Ce sont:

- ✓ U0 qui est le témoin absolu sans fertilisation ;
- ✓ G0 est un traitement sans apport d’N, mais avec 0,208 kg/20 m² de P₂O₅ et 0,86 kg/20 m² de K₂O
- ✓ U1 : traitement ayant reçu l’urée ordinaire à la volée à la dose de 0,226 kg/20m² plus 0,208 kg/20 m² de P₂O₅ et 0,86 kg/20 m² de K₂O ;
- ✓ G1: traitement ayant reçu les granules de 1,8 g en placement profond à la dose de 0,226 kg/20m² plus 0,208 kg/20 m² de P₂O₅ et 0,86 Kg/20 m² de K₂O ;
- ✓ U2 : traitement ayant reçu l’urée à la volée à la dose de 0,348 kg/20m² plus 0,208 kg/20 m² de P₂O₅ et 0,86 kg/20 m² de K₂O ;
- ✓ G2: traitement ayant reçu les granules de 2,7 g en placement profond à la dose de 0,348 kg/20m² plus 0,208 kg/20 m² de P₂O₅ et 0,86 kg/20 m² de K₂O (tableau 3).

Ces traitements ont été mis en place sur des parcelles élémentaires de 120 m² (4 m x 30 m) pour les variétés et des parcelles élémentaires de 20 m² (4 m x 5 m) pour les formules de fertilisation. Les variétés utilisées avec leurs caractéristiques sont présenté dans le tableau 2. Les types d’engrais utilisés et leurs doses sont illustrés dans le tableau 3.

Ces expérimentations ont été menées sur deux types de sols en fonction de leur perméabilité.

- Un sol lourd dont la vitesse d’infiltration est inférieure à 1cm/jour ;
- Un sol filtrant dont la vitesse d’infiltration est supérieure à 1cm/jour.

Elles ont mis en jeu deux facteurs correspondant aux deux niveaux du dispositif split-plot:

- ❶ Le facteur variété : il comporte quatre (04) variétés et a été expérimenté sur les parcelles principales de 120 m².
- ❷ Le facteur fertilisation azotée : ce facteur porte sur les type et dose d’urée et a été expérimenté sur les parcelles secondaires de 20m². Il s’est agit de mettre en place deux traitements de contrôle sans apport d’urée (U0, G0), un de 113 kg/ha d’ urée ordinaire (U1), un de 113 kg/ha en granules de 1,8 g (G1), un de 174 kg/ha d’urée ordinaire (U2) et un de 174 kg/ha en granules de 2,7 g (G2) (tableau 3).

Tableau 3: types et doses d'engrais utilisés

Engrais	Elément nutritif	Quantité d'engrais brute			
	Nature	Dose1	Dose2	Dose1	Dose2
		kg/ha	kg/ha	kg/20m ²	kg/20 m ²
Urée 46%	N	113	174	0,226	0,348
USG	N	113	174	0,226	0,348
TSP 46%	P ₂ O ₅	104	-	0,208	-
KCl 60%	K ₂ O	43	-	0,086	-

2-3-2 Conduite des essais

2-3-2-1 Préparation du sol

Elle a consisté d'abord à un labour suivi d'un hersage à l'aide de charrue et herse bovines au niveau des deux essais. Les parcelles ont ensuite fait l'objet d'une mise en boue et de planage (nivellement) afin de permettre une meilleure maîtrise de la lame d'eau. Après cette mise en boue et planage, les différents traitements ont été déterminés par une parcellisation. Enfin des diguettes de séparation de traitements et de blocs ont été réalisées.

2-3-2-2 Repiquage

Les plants utilisés pour le repiquage étaient des plants de quatre (4) à six (6) semaines provenant de la pépinière des producteurs. Les plants sont repiqués en moyenne à deux (2) plants par poquet avec un espacement de 20 cm x 20 cm soit une densité d'environ 500 000 plants/ha. Le repiquage a eu lieu le 04 Septembre pour le sol lourd et les 08 et 09 Septembre pour le sol filtrant :

2-3-2-3 Entretien des essais

L'entretien des essais a consisté essentiellement au suivi de la lame d'eau, aux sarclages et à l'apport de la fumure minérale. Les parcelles élémentaires (petites et grandes parcelles) sont séparées par des diguettes de 30 cm et chacune des parcelles est irriguée séparément. Les blocs ont été séparés par des diguettes de 50 cm. Pour ce qui est de l'irrigation, l'alimentation en eau des essais a été assurée par les eaux de pluie jusqu'à mi-octobre. L'activité de la mousson a été intense dans le mois d'août et début septembre à telle enseigne que l'essai sur sol lourd a fait l'objet d'inondation au cours de la deuxième moitié du mois de septembre. Ce qui a nécessité, les 21 et 22 septembre, une évacuation du trop plein d'eau à l'aide de motopompe car les drains étaient pleins. Ensuite la fréquence de l'irrigation à partir des stations de pompage et le maintien ou non de la lame d'eau dans la rizière ont été fonction des besoins en eau de la plante à ses différents stades phénologiques. Les engrais minéraux sont les fertilisants qui ont été utilisés pour la fumure. Le TSP et le KCl utilisés en fumure de fond ont été utilisés à la dose respective de 104 kg/ha et 43 kg/ha (tableau 3). L'urée sous forme de l'urée ordinaire et de granule de 1,8 g et de 2,7 g a été utilisée en fumure de couverture.

2-3-3 Méthode d'apport des fertilisants

2-3-3-1 Fumures de fond

Le TSP et le KCl ont été apportés à la volée après un drainage à la dose respective de 104 kg/ha et 43 kg/ha.

2-3-3-2 Fumure de couverture

L'urée servant de fumure de couverture a été apporté d'une part à la volée et d'autre part en placement profond.

✓ Urée ordinaire apportée à la volée

Les doses apportées correspondantes sont de 226g/traitement U1 et 348g/traitement U2. Ces doses ont été apportées en deux fractions de 113g/traitement U1 et 174g/traitement U2. Par essai 3,616 kg d'urée ordinaire U1 sur 16 traitements secondaires de 20m² chacun et 5,568 kg d'urée ordinaire U2 sur également 16 traitements secondaires de 20m² chacun ont été utilisés. Cela fait 113 kg/ha d'USG, soit 52 kg de N/ha pour l'urée ordinaire U1 et 174 kg/ha d'USG soit 80 kg de N/ha pour l'urée ordinaire U2. La première fraction a été apportée 7 JAR et la deuxième 30 JAR à la volée.

✓ placement profond de l'urée

Les doses apportées sont de l'ordre de 113 kg/ha d'USG, soit 52 kg de N/ha pour les granules de 1,8 g et de 174 kg/ha d'USG soit 80 kg de N/ha pour les granules de 2,7 g. Ce qui donne une dose de 226 g/traitement G1 et 348 g/traitement G 2. Par essai 3,616 kg d'USG1 sur 16 traitements secondaires de 20m² chacun et 5,568 kg d'USG2 sur également 16 traitements secondaires de 20m² chacun ont été utilisés.

Les granules ont été apportés en une seule fraction. Sur sol filtrant ils ont été apportés 9 jours après repiquage et sur sol lourd 18 jours après repiquage. Pour le mode d'épandage chaque granule a été placé entre quatre poquets (figure 9) aux écartements 20 cmx20 cm à une profondeur de 7 à 10 cm.

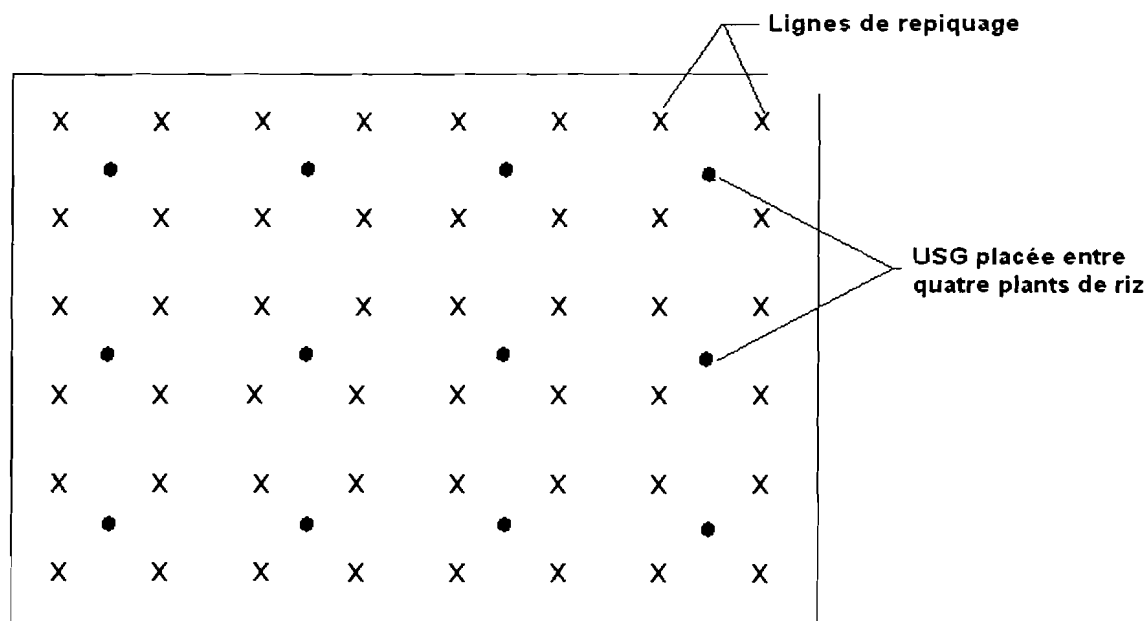


Figure 8: technique d'application des granules d'urée

X : Poquet de riz ; **• :** granule d'urée placée à 7-10 cm de profondeur entre 4 poquets; les poquets et les lignes sont espacés de 20 cm.

2-3-4 Mesure des paramètres de rendements

Le nombre de talles par m², de panicules par m² et les rendements parcellaires de paddy et paille ont été estimés. Pour déterminer le nombre de talle et de panicule, une zone d'échantillonnage d'un

m² a été délimitée au centre de chaque parcelle secondaire à cet effet. Quant aux rendements paddy et paille, ils ont été estimés à l'échelle de chaque parcelle secondaire.

2-4 Traitement et analyse des données

Pour la saisie des données le tableur Excel 2007 a été utilisé. L'analyse de variance a été effectuée avec le logiciel GENTSTAT Discovery version 3. La séparation des moyennes a été faite par le test de Newman Keuls, lorsque le test d'analyse de variance est significatif au seuil de 5% au moins.

MENTION BIEN

CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSIONS

3-1 RESULTATS

3-1-1 LA PERMEABILITE DES SOLS UTILISES POUR L'EXPERIMENTATION

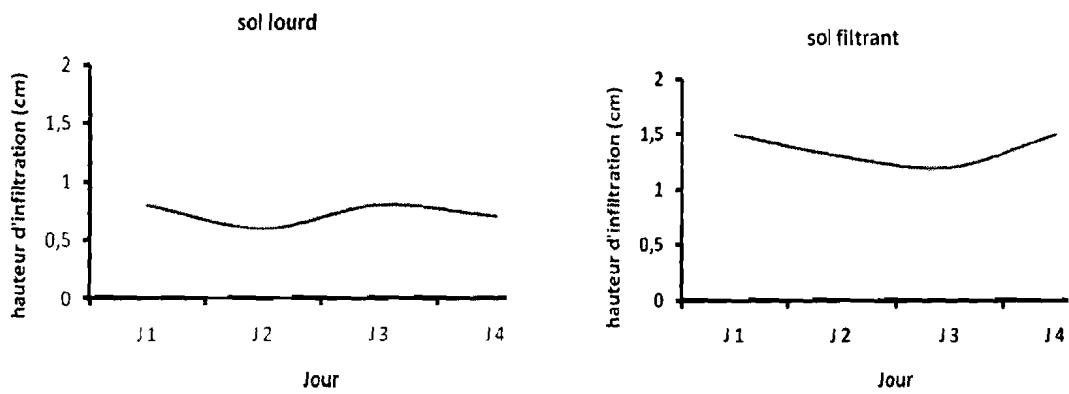


Figure 9: évolution de l'infiltration sur sol lourd et sur sol filtrant

Sur sol filtrant les mesures de vitesses d'infiltration durant quatre jours successifs ont données les résultats qui suivent : 1,5 cm pour le premier jour, 1,3 cm pour le second jour, 1,2 cm pour le troisième et enfin 1,5 cm pour le quatrième. L'ensemble de ces données sont supérieures à 1 cm/jour. Quant au sol lourd les données sont les suivantes: 0,77 cm pour le premier jour, 0,65 cm pour le second, 0,8 cm pour le troisième et 0,7 pour le quatrième. Contrairement au sol filtrant, l'ensemble des données de ce sol sont en dessous de 1 cm/jour (figure 7).

3-1-2 RESULTATS SUR SOL FILTRANT

3-1-2-1 Effets du mode d'apport et des doses d'urée sur les paramètres de rendement

a) Effet sur le tallage moyen par m²

L'analyse de variance (tableau 4) au niveau du nombre moyen de talle/m² au 30^{ème} JAR n'a pas montré de différence significative entre les différents traitements. L'ensemble des traitements forme un groupe homogène. Le nombre moyen de talle/m² le plus élevé (187/m²) a été obtenu avec le traitement G1 (granule de 1,8g) tandis que le traitement G2 (granule de 2,7 g) a donné le plus petit nombre (148/m²).

Pour ce qui est du nombre moyen de talle/m² à 60 JAR, l'analyse de variance (tableau 4) a montré une différence hautement significative entre le traitement U0 et les autres traitements (G0, U1, G1, U2 et G2). Le nombre de talle moyen/m² le plus élevé (211/m²) a été obtenu avec le traitement G1 (granule de 1,8g) tandis que le traitement U0 a donné le plus petit nombre (148/m²).

Tableau 4 : analyse de variance du nombre de talle/m² en fonction des traitements sur sol filtrant

Traitements	Nbre moyen de talles/m ² 30 ^{ème} JAR	Nbre moyen de talles/m ² 30 ^{ème} JAR
U0	154	160 ^a
G0	173	197 ^b
U1	168	208 ^b
G1	187	227 ^b
U2	177	211 ^b
G2	148	207 ^b
Probabilité	0,1	<0,001
Signification	NS	THS

Les moyennes affectées d'une même lettre dans une même colonne ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% ;NS: Non Significatif au seuil de 5% ;THS: Très Hautement Significatif au seuil de 5% (P<0,001)

b) Effet sur le nombre moyen de panicule par m²

L'analyse de variance (tableau 5) a montré que les traitements U0 et G1 diffèrent significativement (p < 0,001) des autres traitements. La comparaison des différents traitements montre que le traitement G1 a donné le meilleur résultat avec 212 panicule/m². Le plus faible nombre de panicule/m² (138) est obtenu avec le traitement U0. On constate également que les traitements forment quatre groupes.

c) Effet sur les rendements paddy

Les résultats de l'analyse de variance (tableau 5) a montré une différence hautement significative entre le traitement G1 (granule de 1,8 g) et les autres traitements (U0, G0, U1, U2 et G2). En effet, le traitement G1 est celui qui a donné le meilleur rendement avec 2128 kg/ha suivi de loin par le traitement U2 avec 1688kg/ha. Le traitement U0 est celui qui donne le rendement le plus faible avec 1275 kg/ha.

d) Effet sur les rendements paille.

Pour ce qui est de cette composante la différence a été hautement significative entre les traitements. G1 et G2 d'avec les autres traitements (tableau 5). Le meilleur rendement qui est de 2359 kg/ha est obtenu avec le traitement G2 suivi du traitement G1 qui donne un rendement de 2288 kg/ha.

Le plus faible rendement est obtenu avec le traitement U0 qui donne 1406 kg/ha. Par ailleurs, l'analyse fait ressortir deux groupes de traitements.

Tableau 5 : analyse de variance de trois paramètres étudiés en fonction des traitements sur sol filtrant

Traitements	Nbre moyen de panic/m ²	Rdt paddy (kg/ha)	Rdt paille (kg/ha)
U0	138 ^a	1275 ^a	1406 ^a
G0	169 ^b	1434 ^a	1516 ^a
U1	186 ^{bc}	1350 ^a	1766 ^a
G1	212 ^c	2128 ^b	2288 ^b
U2	189 ^{bc}	1688 ^a	1844 ^a
G2	172 ^b	1516 ^a	2359 ^b
Probabilité	<0,001	<0,001	<0,001
Signification	THS	THS	THS

Les moyennes affectées d'une même lettre dans une même colonne ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% ;THS: Très Hautement Significatif au seuil de 5% (P<0,001)

3-1-2-2 Analyse des composantes de rendement selon les variétés

a) Tallage moyen par m²

L'analyse de variance (tableau 6) au niveau du nombre moyen de talle/m² au 30^{ème} JAR n'a pas montré de différence significative entre les variétés. Il en est de même pour le nombre moyen de talles/m² au 60^{ème} JAR (tableau 6). Néanmoins la variété FKR 28 a donné les meilleurs résultats tant en 30 JAR et 60 JAR avec respectivement 210 et 183 talle /m². Le plus faible rendement (136 talle/m²) est obtenu avec la variété TS2.

Tableau 6: analyse de variance du nombre moyen de talle/m² en fonction des variétés sur sol filtrant

Variétés	Nbre moyen de talle/m² 30 ^{ème} JAR	Nbre moyen de talle/m² 60 ^{ème} JAR
FKR 19	175	194
FKR62N	177	204
TS2	136	198
FKR28	183	210
Probabilité	0,06	0,68
Signification	NS	NS

NS: Non Significatif au seuil de 5%

b) Nombre moyen de panicule par m²

L'analyse de variance (tableau 7) n'a pas montré une différence significative entre les variétés. Mais on observe que le nombre moyen de panicule/m² le plus élevé (182/m²) est obtenu avec la variété FKR 28 suivi de la variété FKR 62N avec 179/m². Le plus faible nombre est obtenu avec la variété FKR 19. En outre, les résultats de cette analyse de variance ont montré que toutes les variétés forment un groupe homogène. Cependant en fonction du type d'urée la variété FKR 28 a donné le meilleur résultat (232 panicule/m²) avec l'urée ordinaire alors que la FKR 62N a donné le meilleur résultat en ce qui concerne les granules d'urée.

c) Rendement paddy

Au niveau du rendement paddy les résultats de l'analyse de variance (tableau 7) ont montré que toutes les variétés forment un groupe homogène. L'analyse n'a pas montré non plus de différence significative entre les variétés. Seulement elle montre que la variété FKR 28 a donné le meilleur résultat avec 1823kg/ha. Le résultat le plus faible (1338 kg/ha) a été obtenu avec la variété FKR 62N.

d) Rendement paille

Les résultats de l'analyse de variance (tableau 7) n'ont pas montré de différence significative entre les variétés. Le meilleur rendement (2010 kg/ha) a été obtenu avec la variété FKR 62N. Le plus faible rendement (1712 kg/ha) a été obtenu avec la variété FKR 19.

Tableau 7 : Nombre de panicule/m² et rendements paddy et paille en fonction des variétés sur sol filtrant

Variétés	nbre moy.de panicule/m ²	rdt paddy(kg/ha)	rdt paille(kg/ha)
FKR 19	171	1509	1712
FKR62N	179	1338	2010
TS2	177	1598	1792
FKR28	182	1823	1938
Probabilité	0,93	0,28	0,68
Signification	NS	NS	NS

NS: Non Significatif au seuil de 5%

3-1-2-3 Effets de l'interaction variétés*formules de fertilisation sur les paramètres de rendement

Les interactions variétés*formules de fertilisation n'ont pas eu d'effet significatif entre les traitements.

Tableau 8 : résumé des composante des rendements étudiés en fonction de l'interaction variétés*formules de fertilisation sur sol filtrant

Variétés	traitements	Nbre de talle/m ² 30 ^{ème} JAR	Nbre de talle/m ² 60 ^{ème} JAR	Nbre de panic/m ²	Rdt paddy (kg/ha)	Rdt paille (kg/ha)
FKR 19	U0	126	137	124	1100	1125
	G0	185	198	173	1275	1500
	U1	174	201	181	1400	1812
	G1	198	213	190	1925	2150
	U2	203	204	182	1625	1562
	G2	162	214	177	1688	2125
FKR 28	U0	206	181	141	1375	1375
	G0	184	217	182	1875	1562
	U1	186	212	196	1500	1688
	G1	215	239	230	2812	2625
	U2	189	259	217	2000	2312
	G2	119	155	127	1375	2062
FKR62N	U0	168	179	149	1188	1625
	G0	162	182	141	1150	1562
	U1	182	208	176	1062	1875
	G1	177	230	215	1750	2312
	U2	198	189	179	1500	1875
	G2	178	235	217	1375	2812
TS2	U0	117	142	138	1438	1500
	G0	159	193	179	1438	1438
	U1	130	212	191	1438	1688
	G1	156	224	213	2025	2062
	U2	117	192	176	1625	1625
	G2	134	222	165	1625	2438
Probabilité		0,23	0,15	0,17	0,92	0,60
Signification		NS	NS	NS	NS	NS

NS: Non Significatif au seuil de 5%

Cependant, à 30 JAR en termes de talle moyen/m², le meilleur résultat (215 talle/m²) a été obtenu avec l'interaction FKR28*G1. Le plus faible résultat a été obtenu avec TS2*U0 et TS2*U2. L'analyse de variance a fait ressortir que les différentes interactions forment un groupe homogène (tableau 8 ci-dessus).

Au 60^{ème} JAR l'interaction FKR 28*U2 donne le résultat le plus intéressant (259 talles /m²). Le résultat le moins intéressant (137 talles/m²) a été obtenu avec l'interaction FKR19*U0.

Pour ce qui est du nombre moyen de panicule/m², le meilleur résultat (230 panicules/m²) a été obtenu avec l'interaction FKR28*G1 tandis que l'interaction FKR28*U0 a donné le plus faible nombre moyen de panicules /m².

En termes de rendement paddy, l'interaction FKR 28*G1 est celle qui donne le meilleur résultat avec 2812 Kg/ha en moyenne. Le plus faible rendement (1100 kg/ha) est obtenu avec l'interaction FKR 19*U0. L'ANOVA n'a pas montré de différence significative entre les différentes variétés (tableau 8). Mais selon le type d'urée à la dose de 113kg/ha les granules ont donné les meilleurs résultats par rapport à l'urée ordinaire pour l'ensemble des variétés (figure 10). Les différences vont de 525kg/ha (U1 et G1 de FKR19) à 1313 kg/ha (U1 et G1 de FKR28).

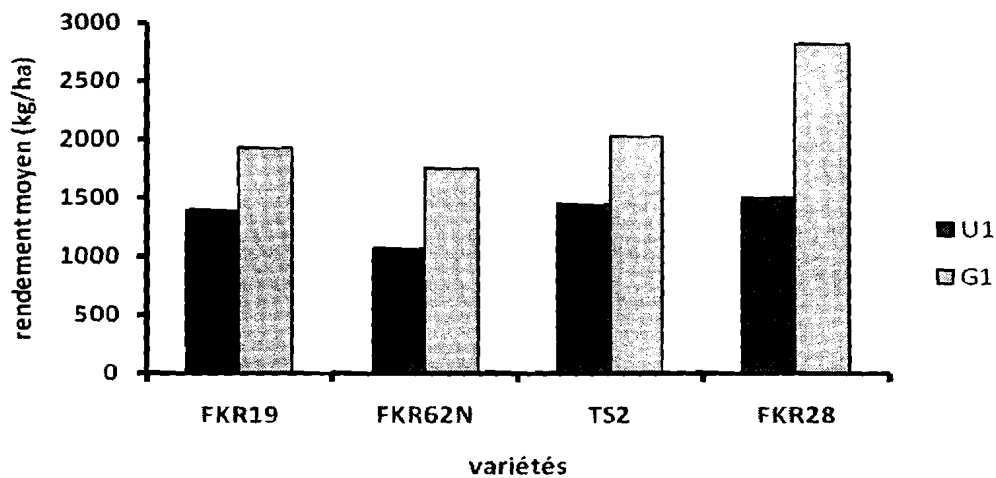


Figure 10: Comparaison de rendement paddy selon le type d'urée à la dose de 113 kg/ha sur sol filtrant

Quant à la dose de 174 kg/ha les résultats sont mitigés. L'urée ordinaire a donné les meilleurs résultats pour les variétés FKR28 et FKR62N ; les rendements sont égaux pour la variété TS2 et pour la variété FKR19 le rendement des granules est sensiblement supérieur à celui de l'urée ordinaire (figure 11).

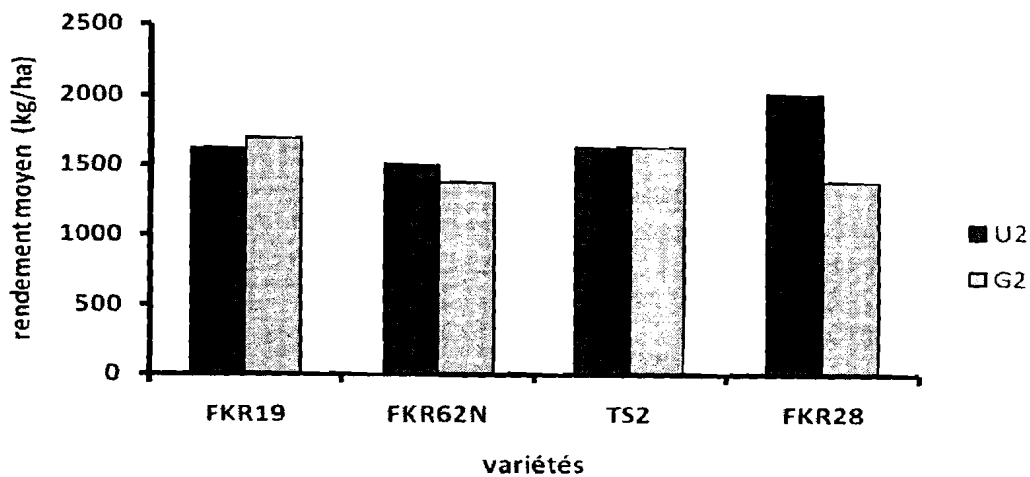


Figure 11 : Comparaison de rendement paddy selon le type d'urée à la dose de 113 kg/ha sur sol filtrant

Pour ce qui est du rendement paille, les interactions variétés*formules de fertilisation n'ont pas donné de différence significative (tableau 8). Néanmoins l'interaction FKR62N*G2 a donné le meilleur résultat avec 2812 kg/ha tandis que le plus faible rendement (1125 kg/ha) a été obtenu avec l'interaction FKR 19*U0. Par ailleurs les rendements USG sont meilleurs par rapport à l'urée ordinaire à la dose de 113 kg/ha pour l'ensemble des variétés. Les différences de rendement entre ces deux types d'urée vont de 337kg/ha (U1 et G1 de FKR19) à 937 kg/ha (U1 et G1 de FKR28). Mais pour la dose de 174 kg/ha les rendements des granules sont supérieurs à ceux de l'urée ordinaire pour les variétés FKR19, FKR62N et TS2. Par contre, pour la variété FKR 19, le rendement de l'urée ordinaire est supérieur à celui des granules (figure 12 ci-dessous).

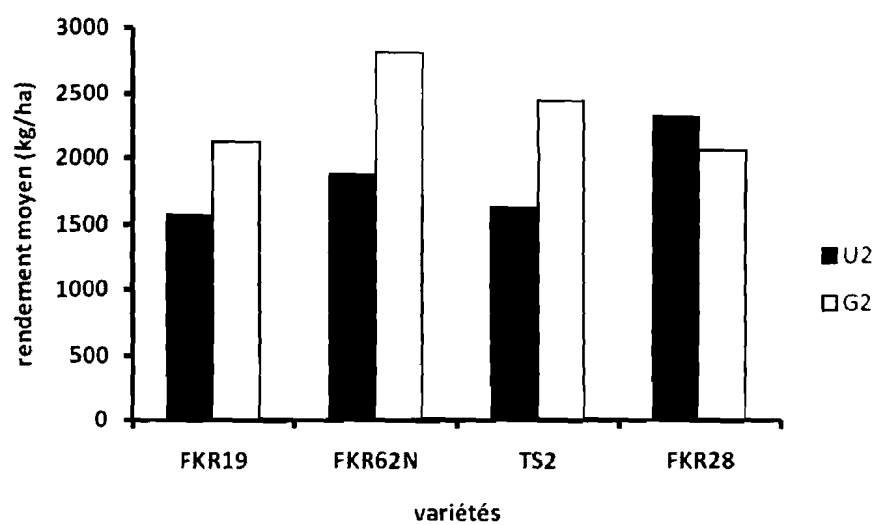


Figure 12: comparaison de rendement paille selon le type d'urée à la dose de 174 kg/ha sur sol filtrant

3-1-3- RESULTATS SUR SOL LOURD

3-1-3-1 Effets du mode d'apport et des doses d'urée sur les paramètres de rendement

a) Effet sur le tallage moyen par m²

L'analyse de variance (tableau 9) au niveau du nombre moyen de talle/m² au 30^{ème} JAR a montré une différence très hautement significative entre les différents traitements. Les traitements forment trois groupes homogènes. Le nombre moyen de talle/m² le plus élevé (244/m²) a été obtenu avec le traitement G2 (granule de 1,7g) tandis que le traitement U0 a donné le plus petit nombre (176/m²). Pour ce qui est du nombre moyen de talle/m² à 60 JAR, l'analyse de variance (tableau 9) a montré une différence hautement significative entre les traitements. Le nombre de talle/m² le plus élevé (263/m²) a été obtenu avec le traitement G2 (granule de 2,7g) tandis que le traitement U0 a donné le plus petit nombre (184/m²).

Tableau 9: analyse de variance du nombre de talle/m² en fonction des traitements sur sol lourd

Traitements	Nbre moyen de talles/m ² 30 ^{ème} JAR	Nbre moyen de talles/m ² 30 ^{ème} JAR
U0	176 ^a	184 ^a
G0	196 ^{ab}	188 ^a
U1	223 ^b	213 ^b
G1	223 ^b	235 ^b
U2	240 ^{bc}	236 ^b
G2	244 ^{bc}	263 ^c
Probabilité	<0,001	<0,001
Signification	THS	THS

*Les moyennes affectées d'une même lettre dans une même colonne ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% ; **THS**: Très Hautement Significatif au seuil de 5% (P<0,001)*

b) Effet sur le nombre de panicule par m²

L'analyse de variance (tableau 10) a montré une différence hautement significative entre les traitements. On observe que le nombre moyen de panicule/m² le plus élevé (227/m²) est obtenu avec le traitement G2 suivi du traitement G1 avec 213/m². Le plus faible nombre (154/m²) est obtenu avec le traitement U0. En outre les résultats de cette analyse de variance ont montré les traitements forment trois groupes homogènes. Aussi pris isolément le traitement G2 de la variété FKR 28 a produit le meilleur résultat avec 237 panicules au m². Le plus faible résultat étant celui du traitement U0 de la variété FKR62N.

c) Effet sur le rendement paddy

Pour ce qui est du rendement paddy les résultats de l'analyse de variance ont montré que les traitements forment quatre groupes homogènes. En outre l'analyse a montré une différence hautement significative entre les traitements (tableau 10). Le meilleur résultat (5375 kg/ha) est obtenu avec le traitement G2. Le résultat le plus faible (3078 kg/ha) a été obtenu avec le traitement U0 (tableau 10) qui n'est pas significativement différent du traitement G0.

d) Effet sur le rendement paille

Les résultats de l'analyse de variance ont montré une différence hautement significative entre les traitements. Leur comparaison (tableau 10) montre que le plus faible rendement (3188 Kg/ha) est obtenu avec le témoin absolu U0 suivi des traitements G0 et U1. Le meilleur rendement (4438 Kg/ha) est obtenu avec le traitement G2. Les traitements forment deux groupes homogènes.

Tableau 10: Nombre de panicule/m² et des rendements paddy et paille en fonction des traitements sur sol lourd

traitements	Nbre moyen de panic/m ²	Rdt paddy (kg/ha)	Rdt paille (kg/ha)
U0	154 ^a	3078 ^a	3188 ^a
G0	156 ^a	3516 ^a	3344 ^a
U1	177 ^b	4141 ^b	3938 ^b
G1	213 ^c	4984 ^{cd}	4328 ^b
U2	192 ^b	4609 ^{bc}	4094 ^b
G2	227 ^c	5375 ^d	4438 ^b
Probabilité	<0,001	<0,001	<0,001
signification	THS	THS	THS

Les moyennes affectées d'une même lettre dans une même colonne ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% ;THS: Très Hautement Significatif au seuil de 5% (P<0,001)

3-1-3-2 Analyse des composantes de rendement selon les variétés

a) Tallage moyen par m²

L'analyse de variance (tableau11) a montré une différence hautement significative entre les variétés en ce qui concerne les talles du 30^{ème} JAR. On observe que la comparaison des variétés fait ressortir que la FKR28 a obtenu le nombre moyen de talle le plus élevé (248/m²). Elle est suivie de la variété FKR62N avec 236/m². Le plus faible nombre (185/m²) est obtenu avec la variété TS2. En outre les résultats de cette analyse de variance ont montré les variétés forment deux groupes homogènes. Pour ce qui est des talles au 60^{ème} JAR, l'analyse de variance (tableau 11) n'a pas montré une différence significative entre les variétés. Mais on observe que le nombre moyen de talles/m² le plus élevé (236/m²) est obtenu avec la variété FKR 28 suivi de la variété FKR 62N avec 223/m². Le plus faible nombre (206/m²) est obtenu avec la variété FKR 19. En outre les résultats de cette analyse de variance ont montré que tous les variétés forment un groupe homogène.

Tableau 11: analyse de variance du nombre de talle/m² en fonction des variétés sur sol lourd

Variétés	Nbre moyen de talle/m ² 30 ^{ème} JAR	Nbre moyen de talle/m ² 60 ^{ème} JAR
FKR 19	191 ^a	206 ^a
FKR28	248 ^b	236 ^a
FKR62N	236 ^b	223 ^a
TS2	185 ^a	214 ^a
Probabilité	<0,001	0,13
signification	THS	NS

Les moyennes affectées d'une même lettre dans une même colonne ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%

NS: Non Significatif au seuil de 5% ; THS : Très Hautement Significatif au seuil de 5% (p<0,001)

b) Nombre moyen de panicule par m²

La comparaison des différents traitements (tableau 12) montre que le meilleur rendement en nombre moyen de panicule/m² (188 panicules/m²) est obtenu avec la variété FKR62N. Cette variété n'est pas significativement différente des autres variétés. La variété FKR 19 est celle qui donne le plus faible rendement (178 panicules/m²). L'ensemble des variétés forment un groupe homogène.

c) Rendement paddy

L'analyse de variance (tableau 12) n'a pas montré une différence significative entre les variétés. Cependant, on observe que c'est la variété FKR62N qui donne le rendement paddy le plus élevé (4531kg/ha). Elle est suivie de la variété FKR28 (4469 kg/ha). La variété FKR19 est celle qui donne le plus faible rendement avec 3750 Kg/ha.

d) Rendement paille

L'analyse de variance (tableau 12) a montré qu'en termes de rendement paille les traitements forment un groupe homogène. Cependant la variété FKR 62N est celle qui donne le meilleur rendement paille avec 4323 Kg/ha en moyenne. Le plus faible rendement est obtenu avec la variété FKR19 (3656 Kg /ha) qui n'est pas significativement différent de la variété FKR 28.

Tableau 12: analyse de variance du nombre de panicule et des rendements paddy et paille en fonction des variétés sur sol lourd

Variétés	nbre moy.de panicule/m ²	rdt paddy(kg/ha)	rdt paille(kg/ha)
FKR 19	178	3750	3656
FKR28	192	4469	3698
FKR62N	188	4531	4323
TS2	187	4385	3875
Probabilité	0,56	0,37	0,27
signification	NS	NS	NS

NS: Non Significatif au seuil de 5%

3-1-3-3 Effets de l'interaction variétés*formules de fertilisation sur les paramètres de rendement

Les interactions variétés*formules de fertilisation n'ont pas eu d'effet significatif sur les paramètres de rendement étudiés (tableau 13).

Néanmoins, pour ce qui est du nombre de talle/m² au 30^{ème} JAR (tableau 13), le meilleur résultat (281 talle/m²) a été obtenu avec l'interaction FKR28*G2. Le plus faible résultat (161/m²) a été obtenu avec TS2*G1.L'analyse de variance a montré que les différentes interactions forment un groupe homogène.

Aussi, en termes de nombre de talles /m² au 60^{ème} JAR, l'interaction FKR 28*G2 donne le résultat le plus intéressant (286 talles /m²). Le résultat le moins intéressant (157 talles/m²) a été obtenu avec l'interactionFKR19*G0.

L'ANOVA, pour ce qui est du nombre moyen de panicules/m², montre que les effets des interactions variétés*formules de fertilisation n'ont pas donné de différence significative

(tableau 13). Cependant le nombre moyen de panicule /m² le plus élevé (233/m²) a été obtenu avec l'interaction FKR28*G2 tandis que l'interaction FKR19*G0 a produit le plus faible nombre de panicules /m² (135/m²).

Pour ce qui est du rendement paille, les interactions variétés*formules de fertilisation n'ont pas donné de différence significative (tableau 13). Néanmoins l'interaction FKR62N*G2 a donné le meilleur résultat avec 5188 kg/ha tandis que le plus faible rendement (2813 kg/ha) a été obtenu avec l'interaction FKR19*U0.

Tableau 13: analyse de variance des paramètres de rendement étudiés en fonction de l'interaction variétés*formules de fertilisation sur sol lourd

variété	traitement	Nbre de talle/m² au 30 ^{ème} JAR	Nbre de talle/m² au 60 ^{ème} JAR	Nbre de panic/m²	Rdt paddy (kg/ha)	Rdt paille (kg/ha)
FKR 19	U0	174	188	161	2875	2813
	G0	162	157	135	3125	3625
	U1	180	194	170	3938	3625
	G1	191	212	202	4438	4000
	U2	220	237	194	3688	3750
	G2	223	245	208	4438	4125
FKR 28	U0	201	189	145	2875	3000
	G0	239	210	167	3437	2938
	U1	263	237	190	4000	3938
	G1	256	244	211	5625	4313
	U2	251	249	202	5250	4000
	G2	281	286	237	5625	4000
FKR62N	U0	162	178	151	3438	3688
	G0	211	199	173	3438	3562
	U1	247	230	173	4438	4063
	G1	245	255	214	5062	4813
	U2	275	223	187	5000	4625
	G2	278	252	229	5812	5188
TS2	U0	167	179	159	3125	3250
	G0	172	186	149	4062	3250
	U1	202	193	174	4188	4125
	G1	161	226	225	4812	4188
	U2	216	233	185	4500	4000
	G2	196	267	233	5625	4438
Probabilité		0,59	0,90	0,82	0,44	0,80
Signification		NS	NS	NS	NS	NS

NS: Non Significatif au seuil de 5%

Pour ce qui est du rendement paddy L'analyse de variance n'a pas montré de différence significative entre les différentes variétés (tableau 13). Mais l'interaction FKR62N*G2 est celle qui donne le meilleur rendement paddy avec 5812Kg/ha en moyenne. Le plus faible rendement (2875 kg/ha) est obtenu avec les interactions FKR19*U0 et FKR28*U0.

Par ailleurs, la comparaison des rendements par type et dose d'urée révèle que l'USG a donné les

meilleurs résultats par rapport à la perlurée et cela pour l'ensemble des variétés (figure 13).

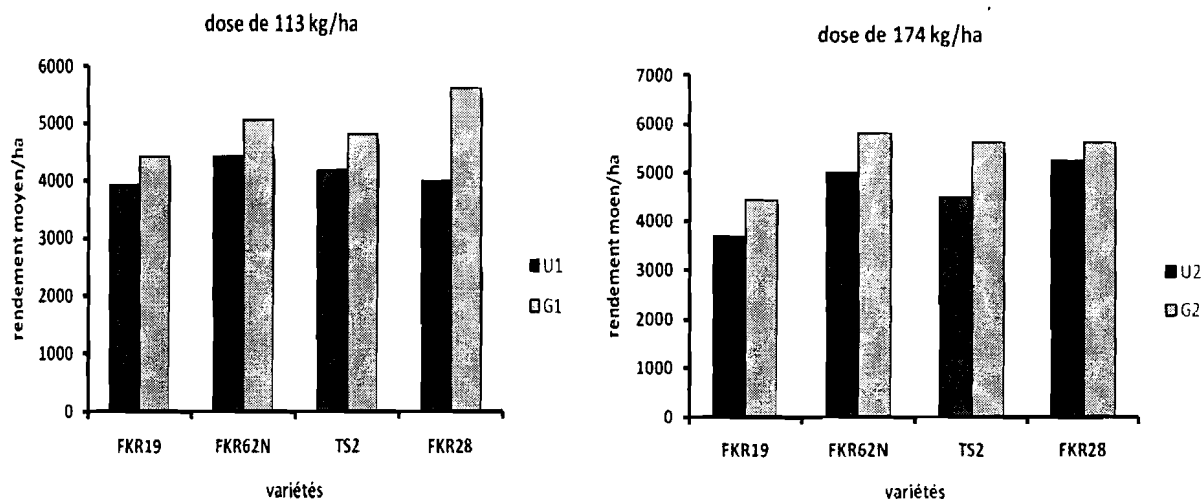


Figure 13: comparaison des rendements paddy selon les types et doses d'urée sur sol lourd

3-1-4 Comparaison des rendements des interactions variétés*formules de fertilisation selon les types de sol

3-1-4-1 Rendement paddy

L'analyse de variance (tableau 14) a montré une différence hautement significative entre les traitements des deux types de sol. On constate que les rendements paddy de tous les traitements sur sol lourd sont nettement supérieurs à ceux des traitements sur sol filtrant. Les gains vont de 1775 kg/ha (les traitements U0 de la variété FKR19) à 4438 kg/ha (les traitements G2 de la variété FKR62N).

Tableau 14: analyse de variance de rendement paddy des interactions suivant les types de sols

Traitements	Rendement paddy (kg/ha)							
	FKR19		FKR62N		TS2		FKR28	
	Sol lourd	Sol filtrant	Sol lourd	Sol filtrant	Sol lourd	Sol filtrant	Sol lourd	Sol filtrant
U0	2875	1100	3438	1188	3375	1438	2875	1375
G0	3125	1275	3438	1150	4275	1438	3438	1875
U1	3938	1400	4688	1063	4250	1438	4000	1500
G1	4438	1925	5063	1750	4813	2025	5625	2813
U2	3688	1625	5000	1500	4500	1625	5250	2000
G2	4438	1688	5813	1375	5625	1625	5621	1375
Proba.	< 0,001		< 0,001		< 0,001		< 0,001	
Sign.	THS		THS		THS		THS	

THS : Très Hautement Significatif au seuil de 5% (p<0,001)

3-1-4-2 Rendement paille

L'analyse révèle des différences significatives entres les traitements sur sol lourd et ceux sur sol filtrant (tableau 11). En effet, suivant la formule de fertilisation les traitements sur sol lourd donnent les meilleurs résultats. Les gains vont de 1687,75 kg/ha (les traitementsU0 de la variété FKR19) à 2750 kg/ha (les traitements U2 de la variété FKR62N).

Tableau 15: analyse de variance de rendement paille des interactions suivant les types de sols

Traite-ments	Rendement moyen de paille (kg/ha)							
	FKR19		FKR62N		TS2		FKR28	
	Sol lourd	Sol filtrant	Sol lourd	Sol filtrant	Sol lourd	Sol filtrant	Sol lourd	Sol filtrant
U0	2812,5	1125	3687,5	1875	3250	1500	3000	1500
G0	3625	1500	3562,5	1562,5	3250	1437,5	2812,5	1562,5
U1	3587,5	1812,5	4062,5	1875	4125	1712,5	4062,5	1687,5
G1	4000	2150	4812,5	2312,5	4187,5	2062,5	4437,5	2625
U2	3750	1562,5	4625	1875	4000	1625	4000	2312,5
G2	4125	2125	5187,5	2812,5	4437	2437,5	4000	2062,5
Proba.	< 0,001		< 0,001		< 0,001		< 0,001	
Sign.	THS		THS		THS		THS	

THS : Très Hautement Significatif au seuil de 5% (p<0,001)

3-2 DISCUSSION

3-2-1 Impact de la dose et du type d'urée sur les paramètres de rendement

Les résultats obtenus avec les essais ont montré que le mode d'apport de l'urée a, en général, eu un effet sur les paramètres de rendement des variétés sur sol lourd et sol filtrant. Le placement profond a donné les meilleurs rendements grain et paille. La différence de rendement paddy entre G1 et U1 est de 843 kg et celui entre G2 et U2 est de 766kg. D'où une augmentation respective de 20,36% et de 17,61%. Ce qui est intéressant pour les producteurs dans la vallée du Sourou. C'est à travers le rendement paddy que les producteurs prendront la décision de l'adoption des granules. Les variétés ayant donné les meilleurs résultats en termes de rendement paddy sont respectivement la FKR62N (5812 kg/ha) avec les granules de 2,7g à la dose de 174 kg d'urée/ha, la FKR 28 avec les granules de 2,7 g et 1,8 g aux doses respectives de 174 kg d'urée/ha et 113 kg d'urée/kg. Ces résultats s'apparentent avec ceux de Pasandaran et *al.*(1999), Gaudin et *al.* (1987) ; Segda et *al* (2006) ; Catalist (2009) et Bowen et *al.* (2004). Ils s'expliquent par le fait que les granules d'urée placées en profondeur favorisent une diffusion lente de l'azote contenu dans ceux-ci sur une période de 65 jours (Gaudin, 1988) ; ce qui permettrait au riz de s'alimenter selon ses besoins. Ainsi, l'augmentation des rendements constatée expliquerait la meilleure utilisation de l'azote contenu dans les granules d'urée par le riz par rapport à l'urée ordinaire. En effet durant toute l'expérimentation on n'a pas observé des signes de carence en azote sur les feuilles des parcelles traitées avec l'USG. Ces résultats pourraient aussi s'expliquer par le fait que les pertes en azote par volatilisation et par dénitrification sont réduites avec l'utilisation des granules (Pasandaran et *al.* 1999). Or, avec l'urée ordinaire les pertes sont souvent très énormes et peuvent atteindre 60 à 70% (Bandaogo, 2010). A ces pertes énormes s'ajoute le manque de synchronisation entre l'offre et la demande (Segda et *al*, 2004, 2005 ; 2006), en ce sens que l'urée simple après hydrolyse, diffuse rapidement en 3 à 4 jours. Cet azote libéré ne peut donc pas satisfaire tous les besoins de la plante qui sont étalés dans le temps.

Sur sol filtrant (vitesse d'infiltration supérieure à 1cm/jour) l'expérience a donné des résultats similaires. En effet il ya eu une différence significative entre les résultats obtenus avec les granules d'urée en comparaison avec ceux de l'urée ordinaire. Mais en termes de doses, les résultats n'ont pas montré une différence. Néanmoins, la dose de 174 kg/ha est celle qui a donné les meilleurs résultats comparativement à la dose de 113 kg/ha. Cette première dose a influencé la croissance des plants de riz. Elle a donné un nombre beaucoup plus important de panicules. Il a aussi été constaté que les rendements paddy et paille sont meilleurs avec cette dose. L'explication induite par ces résultats est que lorsque l'on utilise des doses croissantes d'azote la consommation de l'azote a tendance à augmenter. Les travaux de Piéri (1989).

et de Rabat (2003) ont montré que le rendement des cultures croît en fonction de la dose d'azote jusqu'à un certain seuil.

3-2-2 Influence des types de sols sur le rendement des variétés

Les résultats obtenus ont montré une différence significative entre les types de sols en termes de rendement des variétés. En effet sur sol lourd les rendements sont meilleurs par rapport au sol filtrant. La faiblesse des résultats sur le sol filtrant pourrait s'expliquer par le fait que les pertes d'azote sont énormes lorsque la vitesse d'infiltration du sol est élevée. Les mesures d'infiltration effectuées sur le sol filtrant ont donné une moyenne de 1,37 cm/jr. Or, selon IFDC (2003) pour que les granules expriment toute leur efficacité l'infiltration du sol doit être inférieure à 1 cm/jr.

Les meilleurs rendements obtenus sur sol lourd s'expliqueraient par le fait que sur ce type de sol, l'urée placée en profondeur sous forme de granule est judicieusement utilisée par le riz car l'azote diffuse lentement sur une période de 65 jours (Gaudin, 1988) par contre l'urée simple après hydrolyse, diffuse rapidement en 3 à 4 jours (Segda et al. 2004, 2005, 2006).

CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Au terme de nos travaux d'évaluation au moyen des essais menés nous retenons qu'en riziculture irriguée dans la vallée du Sourou, le placement profond de l'urée sous forme de granule améliore le rendement paddy. A dose égale, les granules ont donné les meilleurs résultats par rapport à l'urée ordinaire apportée à la volée. La différence entre l'urée ordinaire et l'USG s'observe surtout avec la dose 174 Kg/ha. Les meilleurs rendements sont obtenus à cette dose avec les granules. De façon générale, les variétés FKR62N et FKR 28 sont les variétés qui ont le mieux réagi aux granules. Ces variétés ont donné les meilleurs rendements paddy. La variété FKR 19 est la variété qui a le moins réagi avec l'utilisation des granules. Elle a donné les plus faibles rendements.

Les essais nous ont permis de constater que les sols à vitesse d'infiltration supérieure à 1cm/jour ne sont pas propices à la production rizicole en irriguée. En effet les résultats obtenus sur ce type de sol ne permettent pas une production rentable pour les riziculteurs de la vallée du Sourou.

➤ En perspectives, la recherche devrait élargir les expérimentations sur les granules d'urée en prenant en compte l'effet combiné de l'USG et de la fumure organique afin d'améliorer la fertilité des sols des systèmes de rizicultures irriguées et d'assurer leur durabilité dans la vallée du Sourou. Aussi elle devrait expérimenter les granules sur les oignons dont la culture rapporte des revenus substantiels aux producteurs de la vallée du Sourou. Des équipements facilitant l'enfouissement des granules devraient faire l'objet de recherche afin de réduire considérablement le temps d'enfouissement et de résorber l'épineux problème de main d'œuvre. Enfin des études ultérieures devraient s'orienter également sur les paramètres influençant la vulgarisation des granules d'urée auprès des producteurs.

A l'endroit de l'AMVS des efforts devraient davantage être faits pour que les agents chargés de l'appui conseil soient étroitement associés aux différentes études sur les granules car il est plus facile de faire adopter une technologie lorsque l'on a une meilleure connaissance des tenants et des aboutissants.

A l'endroit des producteurs, il est indispensable qu'ils s'approprient des résultats de la recherche.

BIBLIOGRAPHIE

- Adékambi S. A. (2005).** Impact de l'adoption des variétés améliorées de riz sur la scolarisation et la santé des enfants du Benin : cas du département des collines. Mémoire d'ingénieur agronome, Université d'Abomey-Calavi. 59p.
- ADRAO. (1998).** Formation en production rizicole. Manuel du formateur. Sayce publishing Royaume Uni. 305p.
- AMVS. (2009).** Rapport final d'activités, test du placement profond des granules d'urée, campagne humide 2009, Di. 12p.
- AMVS. (2010).** Plan stratégique 2010-2025. Di, 49p.
- AMVS. (2010).** Rapport d'activités du deuxième trimestre 2010. Di, 22p.
- AMVS. (2010).** Rapport d'activités du premier trimestre 2010. Di, 6p.
- Andrianarisoa K. S. (2004).** Expérimentation agronomique sur l'effet de l'inoculation de la riziculture pluviale par les exsudats racinaires des plantes de riz cultivé en SRI au stade plein tallage, mémoire de fin d'étude d'ingénieur, Université d'Antananarivo, 126p.
- Angladette A. (1974).** Le riz par André Angladette. Troisième édition « Que sais-je » Le point des connaissances actuelles. No 305. Troisième édition, 126p.
- Arraudeau, M. (1998).** Le riz irrigué. Tome I et II, Maisonneuve et Larose, Paris ,659p.
- Bandaogo A. (2010).** Amélioration de la fertilité azotée en riziculture irriguée dans la vallée du Kou à travers la technologie du placement profond de l'urée super granulée, mémoire DEA UPB, 66p.
- Barrier J.M., Mouret J.C. (2000).** Reconsidérer les formes d'appui aux agriculteurs pour une agronomie de l'exploitation agricole, Faç SAD n°5 Janvier-Mars, 4p.
- Cassman K. G., Peng S., Olk D. C., Ladha J. K., Reichardt W., Dobermann A., and Singh U. (1998).** "Opportunities for increased nitrogen-use efficiency from improved resource management in irrigated rice systems." Field Crops Research **56**(1-2): 7-39.
- CIRAD – GRET. (2006).** Memento de l'agronome. Jouve (France, 11 bd de Sébaspol, 75001 Paris n°312091 Y. 799 – 811.
- Camille C. (1997).** Les matériels de fertilisation et de traitement des cultures : technologies de l'agriculture. Collection FORMAGRI, volume 4/5, 1^{ère} édition, 343p.
- Diallo L. (2002).** Effet de l'engrais azoté et du fumier sur les rendements du maïs, Mémoire de fin d'étude d'ingénieur, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, 55 p.

Dicko M. (2005). Analyse du fonctionnement d'une parcelle de riz irriguée sur sol alcalin. Application à la gestion intégrée de la fertilisation azotée et du calendrier cultural dans le delta intérieur du fleuve Niger, Thèse de Doctorat, Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Montpellier, France, 153p.

Dobelmann J.P. (1976). "Technique vivantes" Riziculture pratique 1. Riz irrigué. 220p.

Dobermann A. and Fairhust T. (2000). Rice : Nutrient Disorders and Nutrient Management, PPI & IRRI: 191p.

Dobermann A. et White P. F (1999). Strategies for Nutrient management in irrigated and raining lowland rice systems. Nutr. Cycl. Agroecosys. 53: 1-18.

FAO (1989). Conservation des sols et des eaux : façons culturales appropriées, bulletin pédologique de la FAO, n° 54, Rome, 272p

FIDA (2003). Rapport et recommandation du Président, conseil d'administration, 78^e session, Rome, 31p.

Fillery I. R. P. and De Datta S. K. (1986). "Ammonia Volatilization from Nitrogen Sources Applied to Rice Fields: I. Methodology, Ammonia fluxes, and Nitrogen-15 Loss." Soil Sci Am J. 50: 80-86.

Gaudin R. (1988) : L'ammoniac NH₃, une clé pour comprendre l'efficacité des supergranules d'urée en riziculture irriguée. L'agronomie tropicale 1988, 43 – 1. 30 – 36.

Gaudin R. (1991). Le rôle de l'ammoniac NH₃ dans l'alimentation azotée des plantes : un problème remis à jour par l'étude de la fertilisation super granule d'urée du riz irrigué. Bull Acad. Malg. Tome 66/1-2. Pages 180-186.

Gnanou A. (2004). Evaluation des contraintes liées à l'adoption des technologies diffusées par le Programme national de Gestion Intégrée de la Production et de Déprédateurs des cultures sur la plaine rizicole de la vallée du kou: proposition de solutions, Mémoire UPB, 79p

Gonnon F. et Sandron F. (2006). «Diffusion d'une innovation avec révision des croyances individuelles » Travaux et documents du programme de recherche «dynamique démographique et développement dans les hautes terres malgaches » n° 10 IRD antananarivo, 26p.

Guy T. (2004). Rizicultures asiatiques : enjeux écologiques et économiques à l'aube du XXI^{ème} siècle, 11p.

IFDC (2009). Cadre stratégique de l'IFDC : 2009-2013, 7p.

IFDC (2009). Project for the great lakes region of central africa. In Catalist.N°1. 4p.

IFDC (2008a). Fertilizer and new demands: food, feed, fiber - Now fuel. 81p.



- IFDC (2000).** Cadre stratégique pour le développement des systèmes d'approvisionnement en intrants agricoles en Afrique. 43p.
- IFDC (2003).** More rice with reduced loss of urea. An IFDC project to improve fertilizer nitrogen efficiency for rice production. 11p.
- IFDC, (2007).** IFDC Report. Volume 32, N° 1 Décembre 2007. 8p.
- IFDC, (2010).** more rice with improved nitrogen efficiency, 5 pages
- Inko A., Frenzel P. and Conrad R., (1998):** "Denitrification coupled to nitrification in the rhizosphere of rice." *Soil Biology and Biochemistry* **30**(4): pp 509-515.
- IRRI, (1994).** Le riz dans la nutrition humaine. *Collection FAO: Alimentation et nutrition. No 26.* Rome, 192 p.
- Jensen, E. S., (1994).** "Dynamics of mature pea residue nitrogen turnover in unplanted soil under field conditions." *Soil Biology and Biochemistry* **26**: 455-464.
- Kaboré B., Tankoano P. et Parkouda O. R., (1993).** Enquête sur l'utilisation des engrais par les paysans : cas des provinces du sanmatenga et du zoundweogo, IDR, 52 p.
- Kéré P.M. (2009).** Evaluation de l'impact agronomique de technologies de gestion de fertilité des sols dans trois zones agro-climatiques de la région Est du Burkina Faso, Mémoire UPB61 p.
- Latham M., Killian J., Pieri C. (1985).** Fertilité des sols acides tropicaux: Une démarche pour les projets IBSRAM In Cahiers ORSTOM, série Pédologie, Vol. XXI, no 1, 1984-1985 : 33-41
- Lavigne-Delville (1996).** Gérer la fertilité des terres dans les pays du sahel. Diagnostic et conseil aux paysans. Collection « le point sur », 397 p.
- M.A.H.R.H. (2010).** Le Système National de Vulgarisation et d'appui Conseil Agricoles, Ouagadougou, 70p.
- M.A.H.R.H. (2002).** Propositions pour un observatoire de la filière riz, Ouagadougou, 51 p.
- M.E.D. (2004).** Cadre Stratégique de Lutte contre la Pauvreté, Ouagadougou, 137p.
- M.E.F. (2005).** Etude Nationale Prospective "Burkina 2025" : Rapport général, Ouagadougou, 149p.
- Mairie de Di (2009).** Plan Communal de Développement de la commune de Di, Di, 123p.
- Moser C.M. et Barret C.B. (2003).** The disappointing adoption of a yield increasing, low external input technology: the case of SRI in Madagascar" in *Agricultural systems* n° 76, 1085- 1100
- Narteh L. T. and Sahrawat K. L. (1997).** "Potentially mineralizable nitrogen in West African lowland rice soils." *Geoderma* **76**(1-2): 145-154.
- Narteh, L. T. and. Sahrawat K. L (1999).** "Influence of flooding on electrochemical and chemical properties of West African soils." *Geoderma* **87**(3-4): 179-207.

- Nebié B. (1995).** Etude des facteurs agro-pédologiques déterminant la production du riz irrigué dans la vallée du kou au Burkina Faso. Thèse de Doctorat de l'Université nationale de côte d'ivoire, 191 p.
- Pasandaran E, B Gulton, J.SRI Adiringsih, H, Aspari et S.Ri Rochayati. (1999).** Government policy support for technology promotion and adoption: a case study of urea tablet technology in Indonesia. *Nutrient cycling in Agroecosystems* 53: 113- 119.
- Piéri C. (1989).** Fertilité des terres de savane. Bilan de trente ans de recherches et de développement au sud du Sahara. Ministère de la coopération française et CIRAD/ IRAT (Montpellier). 444p.
- PNTTA (2000).** Les engrais minéraux. Caractéristiques et utilisations. N° 72. 4p.
- PNUD (1998).** Approche et concepts de la pauvreté. Document méthodologique, version provisoire, 65p.
- Poussin J.C, Boivin P., Hammeck C. et Maeght J.C. (2002).** Riziculture irriguée et évolution des sols dans la vallée du Sénégal, acte de l'atelier du PCSI, CIRAD, IRD, 8p.
- Rabat. (2003).** Les engrais et leurs applications. Précis à l'usage des agents de la vulgarisation agricole, 4^e édition. 77p.
- Rao D. L. N. and L. Batra (1983).** "Ammonia volatilization from applied nitrogen in alkali soils." *Plant and soil* 70, 219-228
- Sahrawat K. L. and Ponamperuma F. N. (1978).** "Measurement of Exchangeable NH_4^+ in Tropical Rice Soils." *Soc. Am. J.* 42: 282-283.
- Sawadogo, H. (2006).** Fertilisation organique et phosphatée en système de culture zaï en milieu soudano-sahélien du Burkina Faso, Thèse de Doctorat, Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques de Gembloux, Belgique, 232p + annexes
- Sawadogo J. (1986).** Cours d'agronomie et technique culturale du riz. INERA station de Farako-bà. 42p. + annexes
- Sebillotte M. (1989).** Fertilité et systèmes de production, INRA, Paris, 369p.
- Sedogo P.M. (1993).** Evolution des sols ferrugineux lessivés sous culture : incidence des modes de gestion sur la fertilité. Thèse présentée à la Faculté des sciences et techniques de l'Université nationale de Côte-d'Ivoire pour obtenir le grade de Docteur ès-science. 343p.
- Segda Z, Haefele S.M, Wopereis M.C, Sedogo M.P, et Ginko S. (2005).** Combining field and simulation studies to improve fertilizer recommendations for irrigated rice in Burkina Faso. *Agro. J* 97: 1429-1437.

Segda Z., Sie M. Mando A., Haefele M.S., Wopereis M. C.S., Kebbeh M., Miezán K., Sedogo M.P. et Ginko S. (2006). Performances d'une gestion intégrée des nutriments pour la production du riz irrigué dans la plaine de Bagré au Burkina Faso. *Agronomie africaine*. N° spécial(5) année internationale du riz. 29-39

Segda Z. (2006). Gestion de la fertilité du sol pour une production améliorée et durable du riz (*Oriza sativa* L.) au Burkina Faso. Cas de la plaine irriguée de Bagré. Thèse présentée à l'UFR/ SVT. Thèse doctorat UO. BF. 202p+ publications.

Société Japonaise des Ressources Vertes (2001). Guide technique de la conservation des terres agricoles, *in générer l'abondance dans le sahel par la lutte contre la désertification*, vol 5, Tokyo, 77p

Tadano T. and Yoshida S. (1978). "Chemical changes in submerged soils and their effect on rice growth." 165-177.

Traoré K. et Toé M. A. (2008). Capitalisation des initiatives sur les bonnes pratiques agricoles au Burkina Faso, Ouagadougou, 99p.

UICN. (2010). Valeur économique de la Vallée du Sourou : Evaluation préliminaire, 68p.

Van Diest A. (1988). "Volatilisation de l'ammoniaque à partir des sols inondés et ses conséquences pour les rendements de riz." *Bulletin de la commission internationale du riz* 37p.

Vergara S. B. (1984). Manuel pratique de riziculture, International Rice Research Institute, Los Banos Laguna, 231 p.

Yaméogo P. L. (2009). Contribution des granules d'urée dans l'amélioration de l'efficacité agronomique de l'azote en riziculture irriguée : cas de la vallée du kou au Burkina Faso. Mémoire UPB. 60 p.

Yaro G. J. (1995). Formes de rizicultures et différenciation socio-économiques dans la vallée du sourou au Burkina faso, ORSTOM/AMVS, 10p.

-Adresses URL

Agribionet : <http://www.agribionet.org/client/page1.asp?page=3047&clef2=11> pour le riz et l'eau : quatre types de cultures bien différents

FAO : <http://www.fao.org/docrep/t0567f/T0567F03.htm> pour le coût de production du riz et l'utilisation de la main d'œuvre en riziculture

FAO., <http://www.fao.org> pour l'annuaire statistique

Journal le faso.net, 2009, la bataille du riz au Burkina Faso, <http://www.lefaso.net>, édition du 7 oct 2009 pour la production de riz au Burkina Faso

ANNEXES



Annexe 1: vue partielle du dispositif expérimental sur sol filtrant



Annexe 2: opération de repiquage de riz sur sol filtrant



Annexe 3: vue partielle des traitements 30 JAR
sur sol filtrant



Annexe 4: vue partielle des traitements 30JAR sur sol
lourd

MENTION BIEN

		BLOC 1						BLOC 2						BLOC 3						BLOC 4					
TRAITEMENTS		U0	G0	U1	G1	U2	G2	U0	G0	U1	G1	U2	G2	U0	G0	U1	G1	U2	G2	U0	G0	U1	G1	U2	G2
ENGRAIS DE FOND		0N 21P 20K puis						0N 21P 20K puis						0N 21P 20K puis						0N 21P 20K puis					
COUVERTURE				Urée1	USG1	Urée2	USG2			Urée1	USG1	Urée2	USG2			Urée1	USG1	Urée2	USG2			Urée1	USG1	Urée2	USG2
Vitesse d'infiltration cm/jour	V1																								
	V2																								
	V3																								
	V4																								
Mesure 1 pH lame d'eau avant apport	V1																								
	V2																								
	V3																								
	V4																								
Mesure 2 pH lame d'eau après apport 2 jours	V1																								
	V2																								
	V3																								
	V4																								
Mesure 3 pH lame d'eau après apport 4 jours	V1																								
	V2																								
	V3																								
	V4																								
Mesure 4 pH lame d'eau après apport 6 jours	V1																								
	V2																								
	V3																								
	V4																								
Mesure 5 pH lame d'eau après apport 8 jours	V1																								
	V2																								
	V3																								
	V4																								
Nombre de pieds (touffes)/m²	V1																								
	V2																								
	V3																								
	V4																								
Nombre de talles 30 JAR/m²	V1																								
	V2																								

Opération culturales		Indicateurs (données)	Autres notes
Préparation sol/mise en boue			
	labour		
	mise en boue		
Pépinières	FKR19		
	FKR62N		
	FKR28		
	TS2		
	Repiquage		
Engrais de fond			
application TSP	date		
	quantité (g)		
application KCL	date		
	quantité (g)		
Engrais de couverture			
USG 1	date		
	quantité (g)		
USG 2	date		
	quantité (g)		
1ère fraction d'urée 1	date		
	quantité (g)		
1ère fraction d'urée 2	date		
	quantité (g)		
2ème fraction d'urée 1	date		
	quantité (g)		
2ème fraction d'urée 2	date		
	quantité (g)		
Attaque de maladies	date		
	nature		
Attaque d'insectes	date		
	nature		
Traitement phytosanitaire	date		
	produit		
Dates de récolte	fauche		
	battage		
	vannage		
	Pesée (paddy et paille)		
Autres observations			

Annexe 7 : Fiche de suivi des opérations culturales des essais