



CENTRE REGIONAL AGRHYMET



DEPARTEMENT FORMATION ET RECHERCHE

.....

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES POUR L'OBTENTION

DU DIPLOME DE MASTERE EN GESTION DURABLE DES TERRES

Promotion : 2012-2013

Présenté par : Sékou DIALLO

EVALUATION DES PERFORMANCES AGRONOMIQUES ET ECONOMIQUES DU PLACEMENT PROFOND DE L'UREE EN RIZICULTURE IRRIGUEE A KILISSI (GUINEE)

Présenté le 29 janvier 2014 devant le jury composé de :

Président : Pr Sanoussi ATTA, Centre Régional AGRHYMET

Membres : Pr Hassan Bismarck NACRO, Centre Régional AGRHYMET

Dr Nomaou DAN LAMSO, Faculté d'Agronomie, UAM

Encadreur : Dr Karinka MAGASSOUBA, Institut de Recherche Agronomique de Guinée

Directeur de Mémoire : Pr Hassan Bismarck NACRO, Centre Régional AGRHYMET

Table des matières

DEDICACE.....	i
REMERCIEMENTS.....	ii
LISTE DES TABLEAUX	iv
LISTE DES FIGURES.....	iv
LISTE DES PHOTOS.....	iv
ABREVIATIONS ET SIGLES	v
RESUME.....	vi
ABSTRACT	vii
INTRODUCTION GENERALE	1
CHAPITRE I : Etude bibliographique.....	4
1-1- Origine et exigences écologiques du riz.....	4
1-1-1-Origines et distribution du riz.....	4
1-1-2- Caractéristiques botaniques du riz	4
1-1-3- Exigences écologiques	6
1-2- Besoins du riz en azote.....	8
1-3 Sources d'azote dans le sol	8
1-4 Voies de pertes d'azote.....	8
1-5- Conséquences environnementales des pertes d'azote	10
1-6 Fertilisation en riziculture irriguée.....	11
1-7 Intérêt du placement profond de l'urée super granulée	11
1-8 Technologie de l'urée super granulée	11
1-9 Technique du placement profond de l'urée	12
1-10 Intérêts agronomiques, socio-économiques et environnementaux du placement profond de l'urée	13
1-10-1 Intérêts agronomiques	13
1-10-2 Intérêts socio-économiques.....	14

1-10-3 Intérêts environnementaux.....	14
1-11 Aperçu général sur la riziculture en Guinée	14
1-11-1 Différents types de rizicultures pratiqués en Guinée.....	14
1-11.2 Importance du riz en Guinée	16
1-11-3 Superficies, production et importation du riz.....	17
1-11-4 Contraintes de la production rizicole.....	18
1-11.5 Production du riz dans la Préfecture de Kindia	19
CHAPITRE II : Matériels et méthode.....	20
2-1- Matériels.....	20
2-1.1 Site d'étude	20
2-1-2 Matériel végétal utilisé	23
2-2.3 Matériel technique	24
2-2 Méthodologie.....	24
2-2-1 Dispositif expérimental	24
2-2.2 Conduite de l'essai	25
2-3 Mesure des paramètres	27
2-3.1 Variables agronomiques	27
2-3.2 Calculs économiques	28
2-4 Traitement et analyse des données	29
CHAPITRE III : Résultats et discussions.....	30
3.1. Résultats.....	30
3.1.1. Effet des modes de fertilisation sur les variables agronomiques	30
3-1-2- Calculs économiques	38
3-2 Discussion.....	40
3.2.1. Effet du placement profond de l'urée sur les paramètres agronomiques du riz.....	40
3.2.2. Rentabilité économique de la technique du placement profond de l'urée.....	42
Conclusion et recommandations	1

Bibliographie	1
ANNEXES	5

DEDICACE

A LA MEMOIRE DE MON CHER PERE ELHADJ ABDOULAYE DIALLO

A MA TRES CHERE MERE BINTY BOBO CAMARA

A MA TRES CHERE HASSANATOU TOURE

A TOUTE MA FAMILLE

A TOUS MES AMIS

JE DEDIE CE MEMOIRE

REMERCIEMENTS

Au terme de cette formation de la première promotion du Mastère en Gestion Durable des Terres, il me plaît de témoigner toute ma gratitude et mes sincères remerciements à l'administration du Centre Régional Agrhymet (CRA), au Pr Kouamé Guy Marcel BOUAFOU, Directeur Général du CRA, à Monsieur Mohamed Yahya Ould Mohamed Mahmoud, ancien Directeur Général du CRA et à l'ensemble du personnel.

Je remercie très singulièrement Dr Karinka MAGASSOUBA, Chef de la Division Appui Scientifique à l'Institut de Recherche Agronomique de Guinée (IRAG), Chef du Programme National de Gestion Durable des Terres, pour avoir accepté de m'encadrer avec rigueur professionnelle durant ma période de stage malgré son emploi très chargé et favoriser mon insertion à l'IRAG.

Tous mes remerciements vont à l'endroit du personnel du Département Formation et Recherche du Centre Régional Agrhymet, particulièrement :

- Pr Hassan Bismarck NACRO, Chef du Département, Coordonnateur du Mastère Gestion Durable des Terres, qui, malgré ses multiples occupations m'a fait l'honneur de me proposer ce thème de recherche, et d'assurer la direction de mes travaux avec perspicacité et bienveillance. Je l'adresse également toute ma reconnaissance pour ses sages conseils qu'il n'a cessé de nous prodiguer durant cette formation. Il reste une véritable source d'inspirations pour nous. Qu'il trouve ici, l'expression de ma profonde gratitude et de reconnaissance ;
- Pr Sanoussi ATTA, Chef de la Division Formation de Base, pour ses orientations utiles et sans l'appui duquel ce mémoire serait présenté incomplet. Qu'il en soit vivement remercié ;
- Dr Scheik Kalilh SANGARE, pour l'incalculable appui apporté pour le traitement statistique des données, et dans la correction du manuscrit.
- Mr Etienne SARR, Chef de la Division Formation Continue, pour sa disponibilité ;
- Mme ALI BEIDARI Amina, Secrétaire du Département pour sa sympathie, son assistance et sa disponibilité ;
- Aux Responsables des Filières ; aux enseignants chercheurs et tous ceux qui ont contribué tant soit peu à la réussite de notre formation au CRA.

Je remercie très sincèrement l'Union Européenne pour avoir financée à travers son Programme Thématique Sécurité Alimentaire (PTSA/FSTP) cette promotion de mastère.

J'adresse mes vifs remerciements et ma sincère reconnaissance à Dr Amadou CAMARA, Coordonnateur national du *Projet Tripartite Guinée-Afrique du Sud -Vietnam pour l'amélioration de la production du riz et des légumes en Guinée*, pour m'avoir accordé le temps nécessaire à la réalisation de cette formation. Aussi, je lui témoigne toute ma reconnaissance pour avoir financé à travers le Projet tripartite les frais de réalisation de mon expérimentation.

Je remercie très sincèrement Dr Mamba KOUROUMA, SP/CONACILSS/Guinée pour m'avoir donné l'opportunité de participer à cette formation.

Mes remerciements vont également à l'endroit de l'ensemble du personnel de la Direction Générale de l'IRAG notamment, Dr Famoï BEAVOGUI, Directeur Général, Dr Mamadou Billo BARRY, Directeur Général Adjoint et Scientifique, Dr Mamady KOUROUMA, Chef de la Division des Ressources Humaines et à tous les travailleurs de la bibliothèque.

Ce mémoire ne serait rendu à cet état n'eût été l'aide et la facilité dont j'ai bénéficié à la Station de Recherche Agronomique de Kilissi (SRAK). J'adresse mes sincères remerciements et ma profonde gratitude à tous les travailleurs de SRAK. Particulièrement : Mr Sékou CAMARA Directeur de la SRAK pour sa sagesse et son assistance très marquée lors de mon accident ; Mr Ibrahima BAH, Chef de la Cellule Recherche, qui a diligenté avec abnégation toutes mes activités de recherche à Kilissi et à Kindia ville ; Mr Abdoul Karim CAMARA, Chef Programme Riz, pour sa disponibilité constante ; Mr Siba 1 DOPAVOGUI, Chef Programme Tubercules et Légumineuses alimentaires, pour sa disponibilité et ses sages conseils ; Mr Pathé DIALLO, Chef Programme Maïs et Mr KEITA Mohamed, Régisseur, pour leurs sages conseils.

Je remercie particulièrement le peuple nigérien pour leur hospitalité légendaire et tous mes camarades de promotion GDT 2012-2013 pour leur franche collaboration. Je saisis cette occasion pour demander pardon à tous ceux qui se sont sentis blessés ou offensés par ma façon de faire, de regarder ou de dire durant mon séjour à Niamey.

Je remercie sincèrement Mr Jean Sékou BANGOURA, Responsable de la zone agricole de Kindia du Projet tripartite et sa femme pour m'avoir accueilli au sein de leur famille durant mon séjour à Kindia.

Je remercie tous ceux qui de près ou de loin ont contribué tant soit peu à la réalisation de ce présent mémoire. Qu'ils trouvent ici, l'expression de ma profonde gratitude et de reconnaissance. Qu'ALLAH nous protège et guide nos pas. Amen... !

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I : Caractéristiques chimiques du sol de l'essai.....	23
Tableau II : Caractéristiques des variétés de riz utilisées.....	23
Tableau III : Résultat d'analyse statistique (P valeurs) comparant les facteurs selon les variables agronomiques considérées.....	30
Tableau IV : Variation du nombre de talles à 30 et 60 JAR, de panicules et la hauteur des plants en fonction du traitement.....	31
Tableau V : Variation du nombre de grains par panicule, du taux de stérilité et du poids de 1000 graines en fonction du traitement.....	33
Tableau VI : Rapport Valeur sur Coût des modes d'application de l'urée.....	40
Tableau VII : Revenus monétaires (GNF) générés pour chaque variété par les deux modes d'application de l'urée.....	39

LISTE DE LA CARTE

Carte 1: Carte de la zone d'étude	22
---	----

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : plant de riz (CNRADA, 2010).....	6
Figure 2 : dynamique de la production du riz paddy en Guinée (FAO, 2012)	18
Figure 3 : Evolution de la pluviosité mensuelle à Kindia pour 2013.....	21
Figure 4 : Schéma du dispositif expérimental	25
Figure 5 : Disposition de l'urée super granulée dans la rizière	26
Figure 6 : Comparaison des rendements paddy des trois variétés selon les modes d'apport.	36
Figure 7 : Comparaison des rendements paille des trois variétés selon les modes d'apport	37
Figure 8 : Evolution des indices de rentabilité en fonction des modes d'apport	37

LISTE DES PHOTOS

Photo 1 : Granules d'urée.....	13
Photo 2 : Repiquage du riz.....	5
Photo 3 : Placement des supers granules d'urée	5
Photo 4: Application de l'urée ordinaire à la volée.....	5
Photo 5: Vue d'ensemble du champ expérimental	6
Photo 6: Une parcelle fertilisée à l'urée super granulée (U2).....	6

ABREVIATIONS ET SIGLES

ANASA : Agence Nationale des Statistiques Agricoles et Alimentaires

ANOVA : Analyse de variance

CILSS : Comité Permanent Inter-états de Lutte contre la Sécheresse dans le Sahel

CNRADA : Centre National de Recherche et de Développement Agronomique

CRA : Centre Régional Agrhymet

DNS : Direction Nationale des Statistiques

DYNAFIV : Projet de Dynamisation des Filières Vivrières

FAO : Food and Agriculture Organization (Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture)

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

IRAG : Institut de Recherche Agronomique de Guinée

MA : Ministère de l'Agriculture

NERICA : Nouveau Riz pour l'Afrique

PNDA : Politique Nationale de Développement Agricole

PNIA : Plan National d'Investissement Agricole

PNIA-SA : Plan National d'Investissement Agricole et de Sécurité Alimentaire

PPU : Placement Profond de l'Urée

RVC : Rapport Valeur sur Coût

SAK : Station Agronomique de Kilissi

SNDR : Stratégie Nationale de Développement de la Riziculture

SNSA : Service National des Statistiques Agricoles

SRAK : Station de Recherche Agronomique de Kilissi

USG : Urée Super Granulée

RESUME

La Guinée étant d'une zone tropicale humide où la pluviosité moyenne annuelle est de 2 500 mm, les pertes d'azote en agriculture sont très grandes. Il est donc nécessaire de trouver un mode d'application de l'urée qui pourrait augmenter sa profitabilité pour la culture du riz, tout en étant économique pour le producteur. C'est dans ce cadre que s'est inscrite la présente étude dont l'objectif était d'évaluer les performances agronomiques et économiques du placement profond de l'urée. L'essai a été conduit dans les bas-fonds de la Station de Recherche Agronomique de Kilissi. Le dispositif expérimental utilisé est un Split plot avec deux facteurs (variétés de riz et modes d'apport de l'urée). Les modes d'apport sont : U0 (témoin), U1 (traitement à la volée) et U2 (placement profond) et les variétés testées sont : CK21, CK801 et CK90. La dose d'engrais de fond (NPK 17 17 17) a été de 200 Kg/ha. La dose d'engrais de couverture (urée ordinaire et super granulée) était de 113 Kg/ha. Les résultats obtenus ont montré que le mode d'apport de l'urée a eu de façon générale, un effet significatif sur presque tous les paramètres agronomiques des variétés de riz (nombre de talles, de panicules et de grains, hauteur, taux de stérilité, poids de 1000 grains et le rendement paddy et paille). Les plus hauts rendements (4,93 t/ha de paddy et 4 t/ha de biomasse) ont été obtenus dans les parcelles du placement profond, respectivement, par les variétés CK90 et CK21. Le placement profond a significativement augmenté les rendements de plus d'une tonne du paddy, et près d'une tonne de biomasse par rapport à l'urée perlée épanchée à la volée. La variété a été la plus performante au regard des résultats des autres paramètres analysés. Les valeurs des indicateurs de rentabilité relatives à l'utilisation des engrais minéraux en Afrique, sont pour la technologie du PPU, de 4 fois supérieures à la valeur seuil utilisée en riziculture irriguée par la FAO comme indicateur de rentabilité. L'évaluation économique a montré que le PPU a généré un revenu supplémentaire de plus de deux (2) million de francs Guinéens pour la variété CK21 et près de deux (2) millions de francs guinéens pour les deux autres variétés, avec des taux d'accroissement allant de 45,50% à 75,45% pour les trois variétés testées. Au regard de ces résultats, nous pouvons affirmer que la technique du placement profond de l'urée est plus rentable que la méthode habituelle (application de l'urée à la volée). Elle peut contribuer significativement à l'amélioration de la production et du revenu des riziculteurs Guinéens.

Mots clefs: riz, urée, placement profond, rendement, Guinée.

ABSTRACT

Guinea being of a wet tropical zone where the annual average rainfall is 2500 mm, nitrogen losses in agriculture are very large. It is therefore necessary to find an urea application method, which could increase its profitability for rice cultivation, while being economically profitable for producers. This study aimed to evaluate the agronomic and economic performance of deep placement of urea. The trial was conducted in the inland valley of the Agricultural Research Station at Kilissi. The experimental design used was a split plot with two factors (rice varieties and urea supplying modes). Modes of supply area: U0 (control), U1 (broadcast application treatment) and U2 (deep placement treatment) and tested varieties are: CK21, CK90 and CK801. Basal dressing dose (NPK 17 17 17) was 200 kg / ha. Top dressing of urea (regular granulated urea and super) was 113 kg / ha. The results showed that the mode of delivery of urea had generally a significant effect on almost all agronomic parameters of rice varieties (number of tillers, panicles and grains, height, level of sterility, 1000 grain weight and paddy yield and straw). The highest yields (4.93 t / ha of paddy and 4 t / ha of biomass) were obtained in plots with deep placement in CK90 and CK21, respectively. Deep placement significantly increased yields (more than 1t) of paddy, and nearly 1t of biomass compared with broadcast urea in beaded form. The variety CK90 was the most efficient in terms of gains in parameters analyzed. The values of the profitability indicators relating to the use of mineral fertilizers in Africa are, for the PPU technology, 4 times higher than the threshold used in irrigated rice by the FAO as an indicator of profitability value. The economic evaluation showed that the PPU has generated an additional income of more than two (2) million Guinean francs for CK21 variety and almost two (2) million Guinean francs for the other two varieties, with rates increased from 45.50 % to 75.45 % for the three varieties tested. In view of these results, we can state that the technique of deep placement of urea is more profitable than the usual method (broadcast application of urea). It can significantly contribute to improve the production and generate income for rice farmers in Guinea.

Keywords: rice, urea deep placement, efficiency, Guinea.

INTRODUCTION GENERALE

Le riz est l'une des principales cultures alimentaires dans le monde. Il est devenu un facteur clef de la sécurité alimentaire, et près de 3 milliards de personnes en consomment tous les jours dans le monde (FAO, 2011a). La production mondiale de riz augmente graduellement chaque année. Elle est passée de 685 millions de tonnes de paddy en 2009 à 722 559 584 tonnes de paddy en 2011 (FAO, 2011b).

En Afrique, la superficie cultivée est estimée à 9 051 788 ha, soit 3% de la superficie mondiale et la production annuelle de 2011 était de 26 061 773 tonnes, représente 6% de la production mondiale (FAO, 2011b).

En Afrique de l'Ouest, le riz est un élément essentiel dans l'alimentation. Il occupe le deuxième rang des cultures céréalières les plus importantes. Sa consommation moyenne par habitant est passée de 13 kilogrammes dans les années 60, à 18 kilogrammes en 2009 (IFDC, 2011). Cette consommation dépend en grande partie des importations. La forte demande due à la croissance démographique, l'urbanisation rapide, l'augmentation des revenus, et les habitudes alimentaires changeantes des consommateurs, est supérieure à la production locale. Compte tenu de l'importance de cette spéculation dans la région, tous les pays se sont dotés d'une stratégie nationale de promotion de la riziculture avec des ambitions d'autosuffisance clairement affichées.

En Guinée, le riz est une denrée stratégique pour le gouvernement et les populations, car de sa disponibilité, de son accessibilité et de sa stabilité, dépendent la sécurité alimentaire et la paix sociale du pays (PNDA, 2007a). Cultivé sur près de 520 000 ha, le riz constitue à lui seul 65% des disponibilités en céréales (FAO, 2007). La filière riz est la première filière vivrière en Guinée. Sa production annuelle a considérablement augmenté durant ces dernières décennies, passant de 420 000 tonnes en 1991 à 1 792 895 tonnes en 2012 (ANASA, 2012). Malgré cette production, le pays importe en moyenne 300 000 tonnes sur le marché international (CILSS/FAO/MA, 2012). Les coûts de production élevés et le faible rendement constituent les principales causes de la faiblesse de la production nationale du riz. Bien que les rendements du riz aient augmenté au cours de cette dernière décennie, ils restent cependant en deçà des attentes des producteurs malgré les investissements importants consentis par l'Etat (SNSA, 2010).

La croissance de la production de ces dernières années en Guinée est moins induite par une augmentation de la productivité que par celle des superficies cultivées, accompagnée d'une réduction des durées de jachère dans certaines zones où la croissance démographique a entraîné une pression foncière accrue. Les technologies employées pour soutenir cette croissance, sont souvent mal adaptées et, d'autres facteurs géographiques (le climat, la morphologie, etc.) aidant, ont provoqué une baisse de la fertilité des sols et une destruction des écosystèmes (SNDR, 2009). Malgré les performances avérées des variétés améliorées, la riziculture guinéenne est toujours confrontée au problème majeur de gestion inefficace de la fertilisation. Plusieurs méthodes et pratiques sont déjà utilisées pour faire face à la baisse de la fertilité des sols en Guinée. De nombreux agriculteurs transforment en compost les résidus ou déchets issus d'autres systèmes de production pour les utiliser ensuite comme amendement, réduisant de ce fait l'apport d'autres engrais

La lente évolution des rendements n'est donc autre que la conséquence de la dégradation progressive des terres qui ont déjà une faible fertilité naturelle et sont continuellement vidées de leur contenu en éléments nutritifs. Les causes récurrentes de la baisse de la fertilité des sols sont la déforestation, l'érosion, les feux de brousse, le manque de restauration etc.

Face à cette réalité, il existe actuellement une demande pressante concernant l'amélioration de la fertilité des sols par la mise en œuvre des pratiques alternatives de conservation et de restauration. Les paysans, les collectivités locales, les services publics et le secteur privé des agro-industries, prennent en effet de plus en plus conscience du fait que la dégradation de la fertilité des sols soit l'une des causes principales de la lente évolution des rendements agricoles, la baisse de revenus des agriculteurs et l'insécurité alimentaire.

L'amélioration de la productivité reste donc un défi à relever. Ce qui nécessite une meilleure utilisation des intrants et une intégration progressive des innovations en vue de valoriser tout le potentiel de production, d'accroître le revenu des exploitants et de garantir la sécurité alimentaire.

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 donc nécessaire 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

En outre, la Guinée étant une zone tropicale humide où la pluviosité moyenne annuelle est de 2 500 mm, cette nouvelle technique d'application de l'urée par placement profond pourrait augmenter sa rentabilité pour la culture du riz. Développée pour une meilleure gestion de la fertilité des rizières, cette technologie consiste à produire des supers granulés ou petites briquettes d'urée placées sous terre à 7-10 cm de profondeur, près des racines des plants de riz et au dehors de décrues, pour éviter les pertes d'azote. Au Bangladesh, cette technologie a réduit l'utilisation d'urée de 50 à 60 pour cent, et augmenté les rendements d'environ une tonne par hectare (FAO, 2010b).

Selon l'IFDC (2011), 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.

Cependant, comme toute innovation en agronomie, il est nécessaire d'évaluer les performances agronomiques et économiques de la méthode pour pouvoir la diffuser si possible en milieu paysan. C'est dans cette optique que nous avons choisis de traiter ce thème intitulé « *Evaluation des performances agronomiques et économiques du placement profond de l'urée en riziculture irriguée à Kilissi (Guinée)* ». Elle nous permettra d'apporter notre modeste contribution à la gestion de la fertilité de nos rizières en vue d'augmenter la production rizicole dans les conditions écologiquement responsables.

Au delà de la mise en place de cette innovation en Guinée (technique d'application efficace de l'urée), il est aussi important de déterminer parmi les différentes variétés de riz testées, celle qui répond mieux au placement profond de l'urée (PPU) en termes de rendement dans la localité. C'est dans cette perspective, que nous allons identifier la meilleure technique d'application de l'urée pour différentes variétés de riz. Enfin, nous allons faire une évaluation de la rentabilité économique de cette innovation pour les riziculteurs.

Le présent mémoire, qui rend compte des travaux réalisés, est organisé en 3 chapitres: le premier est une synthèse bibliographique sur le riz et la fertilisation azotée en riziculture irriguée. Le deuxième chapitre présente le matériel et la méthodologie utilisés. Enfin, les résultats suivis de leurs discussions sont donnés dans le chapitre 3. Le mémoire se termine par une conclusion dans laquelle des recommandations sont formulées.

CHAPITRE I : Etude bibliographique

1-1- Origine et exigences écologiques du riz

1-1-1-Origines et distribution du riz

Les riz cultivés appartiennent à la famille des *Poaceae* et au genre *Oryza*. Le riz (*Oryza sativa* L.) est la culture céréalière la plus importante dans le monde en développement, et il constitue la denrée alimentaire de base de plus de la moitié de la population du globe (CHAUDHARY, 2003). Il est généralement considéré comme une graminée annuelle semi-aquatique. On cultive de petites quantités d'*Oryza glaberrima* S., d'origine africaine presque uniquement en Afrique de l'Ouest, mais qui perd actuellement de son importance au profit des riz asiatiques. Une vingtaine d'espèces du genre *Oryza* ont été identifiées, mais la presque totalité du riz cultivé est de l'espèce *Oryza sativa* L. Cette espèce de riz d'origine asiatique, est aujourd'hui présente sur les cinq continents. Elle a été introduite en Afrique par les Européens à partir du XVème siècle (LACHARME, 2001a).

1-1-2- Caractéristiques botaniques du riz

1-1-2-1 Morphologie du riz

Le riz est une plante herbacée annuelle avec une tige ronde recouverte, des feuilles sessiles plates en forme de lame et une panicule terminale. Le riz est adapté à un habitat aquatique. L'espèce cultivée traditionnellement en Afrique est *Oriza glaberrima*. A la différence d'*Oriza sativa*, cette espèce ne possède pas de branches secondaires partant des branches primaires de la panicule. Il n'y a pas de ligule chez *Oryza glaberrima*. Il y a aussi des différences mineures sur la pubescence du limbe. *O. glaberrima* est strictement annuelle (LACHARME, 2001a).

1-1-2-2 Description

- **La racine**

Au début de la germination, la première racine est la racine. Pourvue tout d'abord d'un manchon de poils absorbants, elle se ramifie dès qu'elle atteint 2 à 3 cm de longueur, et constitue les racines primaires issues du grain. Ces racines ont une vie éphémère. Des racines secondaires apparaissent au cours de la croissance de la plante. Elles prennent naissance sur les premiers bourgeons (nœuds) de la base de la tige qui peuvent se développer sur des nœuds supérieurs de la tige et formant de véritables racines adventives (CNRADA, 2010).

- **La tige**

La première ébauche de la tige au moment de la germination, est la tigelle. Elle est entourée à sa sortie de l'embryon par un fourreau de couleur pâle, la coléoptile. La première feuille apparaît après la coléoptile d'une forme cylindrique. La tige est divisée en " Entre-nœud : court à la base et plus grand vers le sommet. L'entre-nœud donne des tiges secondaires, puis tertiaires, etc. formant le tallage du riz.

Une tige de riz fournit au cours de sa croissance 10 à 20 feuilles dont 5 à 10 seulement vivent ; les autres se dessèchent au fur et à mesure du développement de la plante. Une touffe de riz a de 3 à 60 tiges qui peuvent atteindre de 50 cm à 1,5m de long selon les variétés (CNRADA, 2010).

- **Les talles**

A la partie inférieure de la tige primaire, et à la base de chaque feuille, se trouve un bourgeon qui normalement donne naissance à une tige secondaire, ou talle. Les bourgeons de cette talle donnent naissance à des tiges tertiaires, quaternaires, etc. C'est l'ensemble de ces talles qui constitue, à partir d'un seul plant, la touffe de riz. (CNRADA, 2010).

- **La feuille**

Les feuilles prennent naissance à un nœud de la tige et sont constituées de deux parties : la gaine foliaire et le limbe foliaire. Chaque nœud donne naissance à une feuille. La gaine foliaire enveloppe la totalité de l'inter nœud et même dans certain cas le nœud suivant. Le limbe foliaire ou la partie terminale de la feuille est attachée au nœud par la gaine foliaire.

La dernière feuille sous la panicule est appelée feuille paniculaire (LACHARME, 2001a).

Les différentes parties d'une plante de riz sont présentées dans la figure 1.

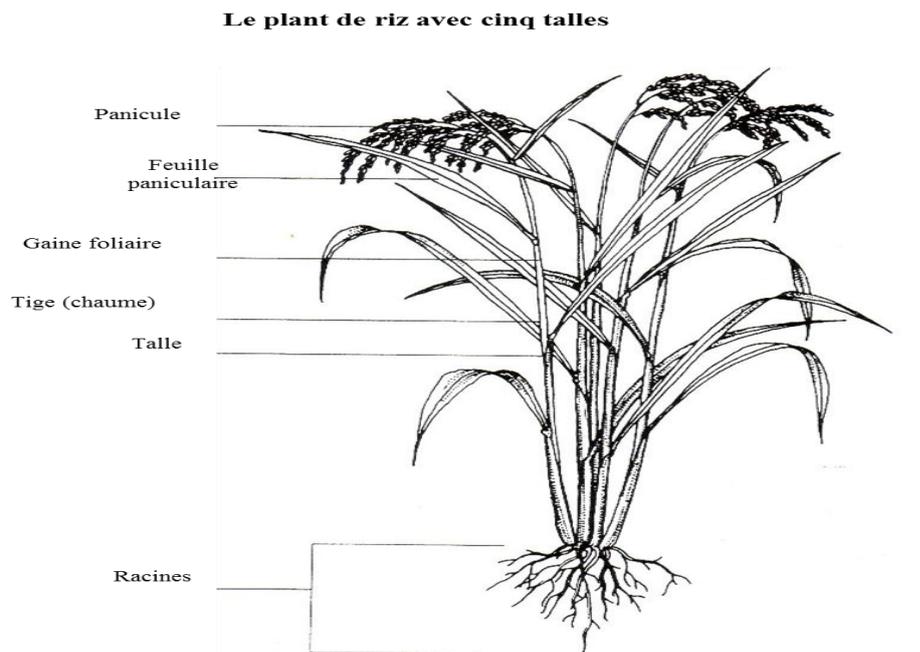


Figure 1 : Plant de riz (CNRADA, 2010)

1-1-3- Exigences écologiques

Grâce à la très grande diversité morpho-physiologique, de ses écotypes, le riz est cultivé dans des conditions écologiques très variées allant du pluvial strict à des situations inondées (BARRY, 2006).

1-1-3.1 Besoins en eau

Le riz a des besoins élevés en eau, en raison de son fort degré d'évapotranspiration. Mais, bien plus que la quantité des pluies, c'est la régularité pluviométrique qui est très importante. Le manque d'eau durant le tallage diminue peu le rendement. Mais lorsqu'il intervient durant la montaison et l'épiaison, il peut compromettre gravement la récolte (CNRADA, 2010).

La lame d'eau de 5 cm d'épaisseur est recommandée pour maintenir une gestion correcte des nutriments et des adventices, des insectes ravageurs et des maladies. Pour les cultures pluviales, la pluie est un facteur critique car la culture de riz souffre soit d'un manque d'eau (sécheresse) soit d'un excès d'eau (inondation) (CHAUDHARY, 2003).

Les symptômes courants du déficit hydrique sont l'enroulement des feuilles, le grillage des feuilles, un tallage défaillant, un nanisme, une floraison retardée, une stérilité des épillets et un remplissage incomplet des grains (CAMARA. 2004).

1-1-3.2 Besoins en chaleur

Pour pousser convenablement, le riz a de gros besoins en chaleur. La température de l'eau des rizières a donc une influence sur la croissance du riz. En effet, plus la température de l'eau est basse plus l'épiaison est retardée, moins les tiges sont hautes, et moins la longueur des panicules est importante. Les températures optimales de l'eau doivent être comprises entre 32°C et 34°C lors du tallage, et entre 30°C et 32°C pour la croissance. En dessous de 29°C, le tallage est retardé alors que l'épiaison est retardée en dessous de 25°C. Par ailleurs, le taux de stérilité des épillets augmente au dessous de 25°C. La sécheresse durant la phase végétative réduit la hauteur du plant, le tallage et la surface foliaire (CHAUDHARY, 2003).

1-1-3.3 Besoins en lumière

Le riz est une plante exigeante en lumière. Pour un cycle de culture de 120-130 jours, la somme des radiations solaires nécessaires correspond à 1000 à 1 200 heures d'ensoleillement, le minimum étant de 400 heures. Les rendements les plus élevés sont obtenus sous forte luminosité : 400 cal/jour/cm² (Mémento de l'Agronome, 2010).

1-1-3.4 Les sols de riziculture irriguée

Les sols aptes à la riziculture sont des sols profonds, très argileux donc très peu perméables, ayant une capacité de rétention en eau et une CEC élevées. Pendant la culture, le riz est inondé et le sol se trouve en situation anaérobie ; la vie microbienne est faible (LACHARME, 2001a).

Le riz est assez plastique en ce qui concerne les sols. Les meilleurs sols, sont les sols alluviaux-argileux à proximité des cours d'eau. Ces sols sont généralement collants et peu perméables (70 à 80% de rétention) (CNDRA, 2010).

En culture aquatique, les sols les plus adaptés sont ceux à texture argilo-limoneuse, riches en matière organique avec un pH proche de la neutralité. Les sols alluvionnaires et colluvionnaires des bas - fonds, des plaines inondables et des deltas des grands fleuves sont particulièrement adaptés. Le riz est aussi cultivé sur des sols très organiques (anciennes tourbières) et sur des sols salés (jusqu'à 1% de salinité). Il supporte des pH de 4 à 8, mais le pH optimal pour la bonne croissance du riz doit être compris entre 4,5 et 6,5 (HARI *et al.*, 1997).

1-2- Besoins du riz en azote

L'azote est un élément majeur pour la fertilisation des végétaux. Il a plusieurs rôles dans le développement de la plante. Moteur de la croissance végétale, l'azote contribue au développement végétatif de toutes les parties aériennes de la plante (feuilles, tiges et formation des graines), d'où sa contribution à l'amélioration du rendement. Cependant, son application exige des pratiques agricoles exceptionnellement bonnes afin d'éviter surtout les pertes par volatilisation sous forme d'ammoniacque (FERTIAL, 2010).

La riziculture irriguée est une grande consommatrice d'eau et d'engrais, notamment azotés (BANDAOGO, 2010). L'azote est déterminant pour l'obtention de bons rendements pour ce système de culture. Il représente 1 à 4 % de la matière sèche végétale et est prélevé dans le sol sous forme soit nitrique (NO_3^-), soit ammoniacale (NH_4^+). L'azote sert à la formation de la chlorophylle, à la production photosynthétique des hydrates de carbone et à la synthèse des protéines (RABAT, 2003).

La plante de riz répond très fortement aux apports d'azote. Cela signifie qu'une fertilisation azotée bien réalisée donne des accroissements de rendements immédiats et visibles (LACHARME, 2001b). Toutefois, une fumure azotée excessive et déséquilibrée appliquée sur une culture de riz peut augmenter sa sensibilité à la verse, intensifier la compétition avec les adventices, les attaques par les insectes et les ravageurs, causant ainsi des pertes substantielles de la production de paddy (Les engrais et leurs application, 2003).

1-3 Sources d'azote dans le sol

Pour accomplir leurs cycles végétatifs, les plants de riz ont besoin de consommer de l'azote qu'elles absorbent en général par leurs racines. L'azote existe en abondance dans la nature sous deux états, et sa teneur est fonction du type de sol (BURTIN, 1996).

En riziculture irriguée, il existe deux importantes sources d'azote. La première est constituée par les apports extérieurs sous forme d'engrais (minéral principalement). La seconde est constituée par la minéralisation de la matière organique (CISSE, 2011).

1-4 Voies de pertes d'azote

❖ Les pertes d'azote par réorganisation microbienne

Les micro-organismes du sol utilisent l'azote pour se nourrir et se développer. Ce phénomène s'appelle la *réorganisation microbienne de l'azote* et apparaît essentiellement en cas d'apport de matière organique à C/N élevé (pailles, fumiers ou compostes mal

décomposés). Ces micro-organismes ne trouvant pas dans la matière organique l'azote dont ils ont besoin pour la décomposer, vont utiliser l'azote du sol, diminuant ainsi les quantités disponibles (CHAUDHARY, 2003).

Les mêmes auteurs stipulent qu'une partie de l'azote présente sous forme nitrique (NO_3^-), peut se dénitrifier en NH_4^+ (azote ammoniacal capable d'être utilisé par le riz irrigué). En conditions de fortes acidités et d'assèchement du sol, ces pertes peuvent atteindre 30 à 40% de l'azote minéral présent dans le sol. Une partie de cet azote ammoniacal peut lui-même se volatiliser (BURTIN, 1996).

❖ Les pertes par volatilisation

L'azote ammoniacal retenu sur le complexe adsorbant du sol n'étant pas entraîné par les eaux de percolation, il peut se volatiliser sous forme de gaz ammoniac, NH_3 , à partir de la surface du sol si le pH est basique. Cela peut se produire avec de l'urée ou des lisiers apportés en surface sur un sol sableux acide car l'hydrolyse de l'urée produit de l'ammoniaque basique, qui augmente localement et temporairement le pH. L'enfouissement des engrais ammoniacaux limite beaucoup les risques de volatilisation (Mémento de l'Agronome, 2010).

Les pertes par volatilisation peuvent être considérables si l'engrais azoté est épandu sans enfouissement sur des sols très sableux, en présence de paille de céréales. On a noté des pertes dépassant 40% de la quantité d'urée appliquée. Ces pertes sont réduites à zéro en cas d'enfouissement à seulement quelques centimètres de profondeur comme dans le cas du placement profond de l'urée (Les engrais et leur application, 2003).

❖ Les pertes par lixiviation

Une autre sortie d'éléments minéraux est due aux pertes par lixiviation, c'est-à-dire à l'entraînement des éléments minéraux par les eaux de drainage, dans les horizons profonds, où ils ne sont plus disponibles pour les plantes. Les éléments les plus sensibles à la lixiviation sont CaO, MgO et N. Par contre, le risque n'existe pas pour K et P (LACHERET, 1995). D'après ce même auteur, l'azote est lessivé en particulier en début d'hivernage, lors du pic de minéralisation : la rétention est faible et les racines ne peuvent encore tout absorber.

❖ Les pertes par minéralisation

Dans un sol suffisamment chaud et aéré, la minéralisation de la matière organique se poursuit par la nitrification, oxydation biologique de l'ammonium conduisant à la production de nitrates. Le phénomène inverse de la minéralisation, c'est-à-dire le passage de l'azote de la

forme minérale à la forme organique, se produit dans le sol : c'est l'organisation. Cette transformation est réalisée lors de l'assimilation d'azote par des micro-organismes très diversifiés et hétérotrophes, c'est-à-dire qui tirent leur énergie et leur carbone de la dégradation de composés organiques. Leur activité dépend principalement de la présence de carbone facilement assimilable (résidus de cultures, racines en décompositions, apports organiques ...).

Les deux (2) phénomènes de la minéralisation et la réorganisation (ou immobilisation) ont lieu en même temps dans le sol et contribuent à détruire ou construire la matière organique. Ce sont les bases du cycle de l'azote dans le sol.

Lorsque la minéralisation brute est plus intense que l'organisation brute, on observe une minéralisation nette, c'est-à-dire une production d'azote minéral par le sol. Dans le cas inverse, on observe une organisation nette qui se traduit par une disparition d'azote minéral.

Ces "sorties" ne sont pas faciles à quantifier. La volatilisation et la dénitrification sont difficilement mesurables : elles sont souvent estimées par défaut de bilan. Le lessivage des nitrates peut être estimé par suivi de la quantité d'azote nitrique présent dans un profil de sol, par suivi de cases lysimétriques ou de réseau de drainage ou par calcul à l'aide d'un modèle (BURTIN, 1996).

1-5- Conséquences environnementales des pertes d'azote

L'impact environnemental de la fertilisation minérale, notamment azotée s'articule autour de trois enjeux principaux : la pollution des nappes phréatiques et des eaux de surface ; la pollution de l'air et, les émissions de gaz à effet de serre (principalement de N₂O lors de l'épandage à la volée) (CAZENEUVE et al., 2010).

L'utilisation excessive d'azote dans les rizières peut bouleverser l'équilibre des écosystèmes naturels des milieux aquatiques. Ce qui entraîne une prolifération de certains organismes (algues, bactéries), une diminution de la teneur en oxygène de l'eau et compromet gravement le développement normal d'autres organismes. L'azote peut également se volatiliser ou se transformer en un gaz à effet de serre qui affecte l'atmosphère. Les nitrates issus des transformations de l'engrais, notamment azotés dans le sol sont très solubles et passent des champs aux sources d'eau par le biais du ruissellement et de l'infiltration. Ils peuvent rendre de ce fait, les eaux de surfaces ou souterraines impropre à la consommation humaine (IFDC, 2012).

1-6 Fertilisation en riziculture irriguée

En riziculture irriguée, en dehors des conditions de maîtrise de l'eau, le premier des facteurs qui contrôlent le rendement est l'azote (CASSMAN et al. 1993).

Une gestion précise de la fertilisation azotée devient d'autant plus nécessaire que l'on approche des potentialités des cultivars utilisés. La recherche d'une efficacité maximale de l'intrant, d'une pollution minimale du milieu et d'une limitation de la sensibilité de la culture aux maladies, suppose le pilotage des apports d'azote le mieux adapté localement (FERTIAL, 2010).

1-7 Intérêt du placement profond de l'urée super granulée

Selon l'IFDC (2011), les faibles taux d'utilisation des engrais azotés s'expliquent par des pertes dues à la forte volatilisation associée à la pratique d'épandage de l'urée à la volée, à la période inappropriée d'applications de l'engrais, et à la mauvaise gestion des cultures. Etant donné que l'engrais azoté représente 15 à 30 % du coût variable total de la production, ces pertes correspondent à des pertes monétaires importantes d'une ressource rare pour beaucoup d'agriculteurs à faibles revenus. Par ailleurs, ces pertes d'azote contribuent énormément à polluer l'air et l'eau, à endommager davantage un environnement écologique déjà fragile.

Le placement profond de l'urée favorise une augmentation moyenne des rendements de plus de 23% par rapport à la pratique d'application à la volée de l'urée perlée, ce qui correspond à une tonne supplémentaire par ha (IFDC, 2011). En d'autres termes, le placement profond de l'urée peut augmenter la production de riz et accroître les revenus des producteurs ouest africains. La demande croissante des supers granules d'urée associée à l'adoption de la technique du placement profond d'urée, crée de nouvelles opportunités d'affaires pour le secteur privé dans les pays ayant adopté cette innovation.

1-8 Technologie de l'urée super granulée

A travers son Programme de Gestion des Ressources Naturelles, l'IFDC a lancé en 2009 un vaste programme continental de promotion du placement profond d'urée avec pour objectif d'accroître non seulement les rendements de riz et les revenus nets des agriculteurs, mais également de réduire les importations onéreuses de riz et améliorer l'efficacité de l'utilisation de l'engrais en riziculture. Les pays pilotes de cette initiative en Afrique de l'Ouest étaient : le Burkina Faso, le Mali, le Niger, le Nigéria, le Sénégal et le Togo. Dans ces

pays, il a été constaté une rentabilité plus élevée du placement profond d'urée super granulée par rapport à la méthode d'application à la volée de l'urée ordinaire sur tous les sites, avec une réduction de 15% en moyenne du coût unitaire de production et une augmentation moyenne de 18% des marges unitaires (IFDC, 2011).

Les principaux groupes cibles étaient les petits exploitants agricoles à faibles revenus, les fabricants locaux d'équipements agricoles, les associations de distributeurs d'intrants et les prestataires de services manifestant un intérêt pour cette technologie et la promotion de son utilisation. Les partenaires techniques du secteur public s'étaient fortement impliqués dans les activités de démonstration. Le secteur privé avait joué un rôle crucial dans l'approvisionnement pour satisfaire la demande croissante en urée super granulée et en équipements nécessaires (IFDC, 2011).

1-9 Technique du placement profond de l'urée

La technique de fabrication de l'urée super granulée consiste à comprimer l'urée ordinaire dans une machine de compactage appelée briqueteuse. 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 d'urée super granulée (IFDC, 2003). La masse du produit formé est variable (0,9 à 2,7 g) et dépend du calibrage des poches des tambours. L'aspect présenté par l'urée super granulée lui fournit une opportunité de placement en profondeur (YAMEOGO, 2012). Les coûts de cette opération sont estimés à 7-10 % du prix de l'urée ordinaire (IFDC, 2011). L'auteur poursuit en disant que la technique du placement profond de l'urée consiste à enfouir à la main ou avec une machine dans les parcelles irriguées de riz, des granules d'urée à 7-10 cm de profondeur entre quatre poquets de riz, à intervalle de 20 cm x 20 cm, sept jours après le repiquage.

D'après TRAORE (2009), au Burkina Faso, il faudra en moyenne 1h 30 mn par personne pour réaliser le placement profond des ces granules d'urée sur une superficie de 100 m², soit une moyenne de 150 H/ha. Ce qui revient à dire qu'il faudra en moyenne 19 hommes jour à raison de 8 h/jour sur une superficie d'un hectare.

Inversement, le mode d'application de l'urée simple (épandage) prend moins de temps et de main d'œuvre. En effet, on peut estimer le temps d'application de 4 ouvriers à 15 minutes en moyenne pour 10 000 m². De ce fait, il faudra 4 ouvriers travaillant 8 h pour épandre l'urée simple sur 32 ha. Sachant que l'urée ordinaire est appliquée en trois fractions, cela nous revient à répéter cette activité trois fois.

Les facteurs qui déterminent le succès du placement profond de l'urée, sont les suivants (IFDC, 2003) :

- les sols ayant une faible perméabilité (vitesse de percolation inférieure à 1 cm/jour) ;
- les sols de texture argileuse associée à la condition de percolation ;
- les sols à pH proche de la neutralité ou légèrement alcalin ;
- les variétés de riz dont le cycle est d'environ 120 jours ;
- la masse de l'urée super granulée utilisée doit être fonction de la densité de repiquage car la dose d'urée augmente avec la densité. Une granule nourrit quatre plants de riz ;
- cas où l'emploi de l'urée super granulée entraîne une réduction des quantités d'azote de 15 à 20% ou plus ;
- la disponibilité de l'eau après application des granules.



Photo 1 : Granules d'urée (Diallo, 2013)

1-10 Intérêts agronomiques, socio-économiques et environnementaux du placement profond de l'urée

1-10-1 Intérêts agronomiques

L'utilisation de l'engrais azoté (N) et des pratiques améliorées de gestion des cultures sont les principaux déterminants de l'augmentation des rendements du riz. Seulement 25 à

40% de l'engrais azoté épandu dans les rizières sont effectivement utilisés par la plante. Le PPU permet de réaliser un gain de rendement de l'ordre de 15 à 25% tout en réduisant le nombre d'application de 3 à 1, et la quantité d'urée appliquée par ha jusqu'à 40% (IFDC, 2010).

En plus, l'urée super granulée (USG) aide l'absorption des éléments fertilisants par le plant de riz car la présence de N adéquat dans le sol aide dans l'absorption des autres nutriments nécessaire à la plante. Il y a aussi une grande quantité d'azote dans la paille, de sorte que la paille devient très nutritive pour le bétail (IFDC, 2012).

1-10-2 Intérêts socio-économiques

En plus des agriculteurs, cette technologie est une opportunité pour les entreprises qui vont exploiter une nouvelle aire de business et contribuer au développement de l'économie nationale. A l'échelle nationale, c'est une technologie qui pourrait également contribuer à la création d'emplois en milieu rural et augmenter la production nationale en riz paddy (IFDC, 2003).

La technologie du PPU peut bien convenir aux petits producteurs relativement bien dotés de main d'œuvre (le repiquage et l'enfouissement sont relativement exigeants en temps de travail), aux surfaces par actifs très réduites (0,5 ha) et aux ressources financières limitées. Elle réduit les coûts de production et génère des revenus additionnels (IFDC, 2010).

1-10-3 Intérêts environnementaux

En réduisant les quantités d'urée par ha, et en assurant une meilleure utilisation de l'azote par la plante, la technique du placement profond de l'urée diminue très sensiblement les pertes d'azote dans l'atmosphère et dans l'eau, donc les effets néfastes sur l'environnement (pollution de l'air et de l'eau) (Manuel d'agronomie tropicale GRET-FAMW, 2004).

1-11 Aperçu général sur la riziculture en Guinée

La filière riz est la principale filière agricole de la Guinée. Sa culture est pratiquée dans les quatre régions naturelles et concerne 80% des exploitations agricoles (PNDA, 2007b).

1-11-1 Différents types de rizicultures pratiqués en Guinée

La Guinée possède une grande diversité d'écosystèmes favorables à la riziculture grâce au climat chaud et humide ainsi qu'à une pluviosité relativement abondante. La diversité écologique du pays a imposé une grande spécificité des systèmes rizicoles. La

riziculture est pratiquée sur un éventail de conditions topographiques et hydrologiques (BARRY, 2006).

Selon la PNDA (2007b), il existe en Guinée, quatre grands ensembles de riziculture :

- **La riziculture pluviale**

Encore appelée riziculture sèche, est de loin la plus répandue (65 % des superficies pour environ 1 t/ha). Elle est pratiquée dans toutes les régions naturelles de la Guinée. Ce type de riziculture se rencontre sur coteaux ; les flancs de montagnes jusqu'au sommet ; les collines ; les plateaux et sur brûlis de forêts après un défrichement récent. Le riz pluvial est alimenté exclusivement par les pluies. Il est cultivé sur sol toujours et naturellement drainé et sa productivité dépend de la répartition spatio-temporelle des pluies (5 à 9 mois selon les régions), (BARRY, 2006).

LY (2001), affirme que ce système est en crise de fertilité. La durée des jachères, seul moyen de renouvellement de la fertilité des sols, a fortement baissé au cours de ces dernières années. Elle est passée en moyenne 10 ans dans les années 1980 à 6 ans en 2001. Cette baisse de la fertilité est systématiquement associée à une pression accrue des adventices. En général, les paysans abandonnent la culture de riz dès que la durée de la jachère se situe au dessous de 5 ans, pour s'orienter vers le système de bas-fond ou de plaine selon la disponibilité ou encore vers d'autres cultures sèches comme celles de l'arachide ou du fonio.

- **La riziculture de bas-fond**

Ce système représente 10 % des superficies rizicoles. Selon le degré de maîtrise de l'eau on peut distinguer deux systèmes de cultures : le système de culture de riz de bas-fond aménagé, et le système de culture de riz de bas-fond non aménagé. Parmi les deux, le système non aménagé est le plus important en termes de superficie emblavée. Ces systèmes se rencontrent dans les quatre régions naturelles, notamment en Guinée Forestière et en Moyenne Guinée. La Guinée Forestière possède la plus importante étendue en bas-fonds, comparativement aux autres régions naturelles du pays. Les rendements se situent entre 1,5 et 2,5 t/ha (FAO, 2007).

En général, au niveau de ce système de riziculture, le riz est semé à la volée dans les bas-fonds non aménagés et repiqué dans les bas-fonds aménagés après des labours soit manuels, soit à la charrue ou au tracteur. Malgré les investissements réalisés dans les aménagements, la productivité en riz est toujours en deçà des attentes des producteurs et des

décideurs. Cette contre performance est due essentiellement à la baisse de la fertilité des sols aménagés, à l'apparition des chenilles, des adventices et de la toxicité ferreuse qui sont les principales contraintes de ce type de riziculture (BARRY, 2006).

- **La riziculture de plaines alluviales**

Les plaines alluviales sont des grands espaces localisés le long des grands fleuves comme le Niger, le Milo ou le Tinkisso. Ces plaines sont peu cultivées à cause de la faible densité de population. Elles sont tributaires des facteurs climatiques (insuffisance ou excès de précipitations, date d'arrivée ou de retrait des crues) et du faible niveau d'intensification. Leurs topographies et régime d'inondation définissent l'emplacement des champs, le choix des variétés et les dates de semis. Le niveau d'inondation augmente des parties les plus hautes aux parties les plus basses. Dans ces dernières, les crues arrivent précocement et se retirent tardivement. Y sont cultivées les variétés tardives de type flottant capables de pousser avec les crues. Les variétés précoces sont cultivées dans les parties les plus hautes. Les travaux de préparation du sol sont généralement réalisés en culture attelée ou au tracteur (LY, 2001).

Ce système est surtout répandu en Haute Guinée et dans les préfectures de Gaoual et de Koundara (Moyenne Guinée). Il représente 9 % des superficies et ses rendements varient entre 500 kg et 2 t/ha en fonction des crues du Niger et de ses affluents (FAO, 2007).

- **La riziculture de mangrove**

Le riz de mangrove représente 16% des superficies rizicoles et les rendements se situent entre 1,5 et 3,5 t/ha. Seulement 20 à 60% des volumes sont mis en marché en fonction des systèmes. La fertilité de ces zones peut être stable si l'eau de mer, riche en limon, est admise dans les parcelles en saison sèche (FAO, 2007). Ce système est pratiqué le long du littoral par les populations autochtones. Il est traditionnel chez les populations Baga qui quadrillent les zones de mangrove avec des diguettes séparant les casiers rizicoles et empêchant l'intrusion d'eau salée.

1-11.2 Importance du riz en Guinée

En Guinée, cette filière révèle la plus grande contribution à la réduction de la pauvreté. Une croissance additionnelle de 1% dans ce sous-secteur, générerait un revenu supplémentaire de 8 millions de dollars américains et une baisse correspondante de pauvreté nationale de 2,9% (PNIA-SA, 2013). De plus en plus, le poids du riz dans le budget des

ménages et dans la balance de paiement du pays est très élevé. D'où l'importance et la place qu'on lui accorde dans les politiques agricoles et les priorités nationales de développement. D'après les études menées par la DYNAFIV en 2004, puis l'ANASA en 2012, la moyenne nationale de la consommation du riz était de 98 Kg/habit/an en 2012 contre 82 kg/habit/an entre 1996-1999. Cependant, il existe des disparités entre la capitale et les régions naturelles :

- ✓ à Conakry, elle culmine à 126 kg/habit/an ;
- ✓ en Guinée Maritime et Forestière, elle se situe autour de 110 kg/habit/an;
- ✓ en Moyenne et Haute Guinée, où les régimes alimentaires sont plus diversifiés, elle est respectivement de 69 et de 52 kg/habit/an (ANASA, 2012).

1-11-3 Superficies, production et importation du riz

Le riz est cultivé sur près de 520 000 ha, soit la moitié de toutes les superficies cultivées. Cette culture est pratiquée dans les quatre régions naturelles et concerne 80% des exploitations agricoles dont 90% sont classées parmi les pauvres. La riziculture occupe 37% de la population active, 67% des superficies emblavées pour un besoin céréalier de 65%. Cette activité assure 11% des importations, et 6% du PIB national (FAO, 2007).

Au cours des 20 dernières années, la production nationale de paddy a considérablement évolué passant de 420 000 tonnes en 1991 à 1 792 895 tonnes de paddy en 2012 (CILSS/FAO/MA, 2012). Cette augmentation de la production dépend essentiellement de l'augmentation des superficies emblavées en riz des petites exploitations familiales en majorité (ANASA, 2012).

Même si la production de riz a augmenté durant la dernière décennie grâce notamment au développement des infrastructures rurales et à un meilleur fonctionnement des marchés, elle ne permet cependant de couvrir que 60% des besoins. Les importations restent donc nécessaires pour compléter l'approvisionnement du pays (PNIA-SA, 2013).

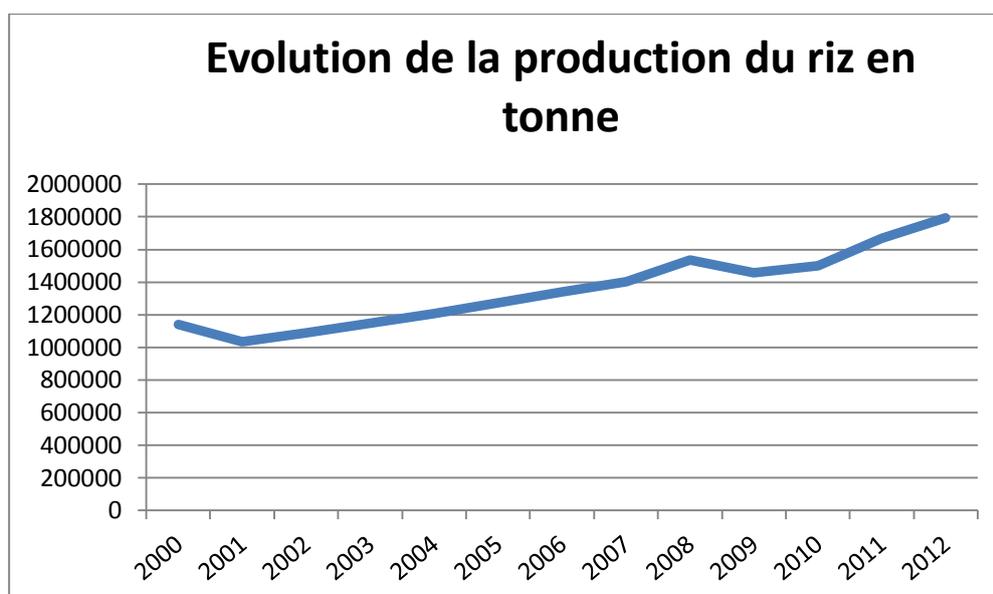


Figure 2 : Dynamique de la production du riz paddy en Guinée (FAO, 2012)

Malgré l'augmentation sensible de la production nationale du riz, le pays importe en moyenne 300 000 tonnes sur le marché international (CILSS/FAO/MA, 2012). Les coûts de production élevés et le faible rendement constituent les principaux facteurs à la base de la grande part des importations de riz en Guinée.

1-11-4 Contraintes de la production rizicole

Malgré les investissements importants consentis dans le développement de la filière riz, celle-ci reste peu productive et peu compétitive en raison de multiples contraintes dont les plus importantes sont les suivantes (FAO, 2007) :

- Des contraintes d'ordre structurel du fait que l'agriculture guinéenne est de type familial et de subsistance. La production est assurée par des exploitations de petite taille, non équipées et ne disposant que de faibles ressources financières. La taille des exploitations est inférieure à 3 hectares;
- Des contraintes techniques liées à la faible productivité de la filière riz qui s'expliquent en partie par le faible taux d'utilisation d'intrants agricoles (engrais, produits phytosanitaires, semences améliorées).

Les principaux défis que connaît cette production rizicole sont : i) la baisse de la fertilité naturelle des sols, ii) le manque de mécanismes de financement approprié pour le secteur privé rizicole (intrants, équipements agricoles, devises pour les importateurs...), iii) les difficultés de fonctionnement des services de recherche, de vulgarisation et d'informations

agricoles, iv) la faiblesse des dispositifs de gestion des calamités, v) la dégradation des sols, vi) la faible professionnalisation des acteurs de la filière, vii) le manque et la faible durabilité des aménagements hydro-agricoles (Politique du riz en Guinée, 2006).

A ceux-ci s'ajoutent de nouveaux enjeux qui sont d'ordre climatiques et démographiques : baisse du niveau d'étiage des cours d'eau, réchauffement climatique, déforestation, installation des poches de sécheresse en pleine saison humide, inondations récurrentes, mauvaise répartition spatio-temporelle des pluies, etc. autant de facteurs qui influent considérablement la productivité du riz en Guinée.

1-11.5 Production du riz dans la Préfecture de Kindia

La Préfecture de Kindia est située à 135 Km de la capitale Conakry. Elle recèle d'importantes potentialités agropastorales. Sur une population de 498 203 habitants en 2010 (DNS, 2010), 139 796 habitants pratiquent l'agriculture. Bien que ces chiffres soient sujets à des variations régulières, ils indiquent cependant que près de 40% de la population sont occupées par le secteur agricole.

La riziculture est pratiquée sur des plateaux et collines entrecoupées de bas-fonds et de plaines dans la partie centrale et au sud-est. Elle occupe en moyenne 18 617 ha avec un rendement moyen de 1,23 t/ha en culture traditionnelle. Le riz est produit dans toutes les Sous-préfectures de Kindia, notamment Samaya, Madina-Oula, Bangouya, Friguiagbé, Molota et la Commune urbaine (SNDR, 2009).

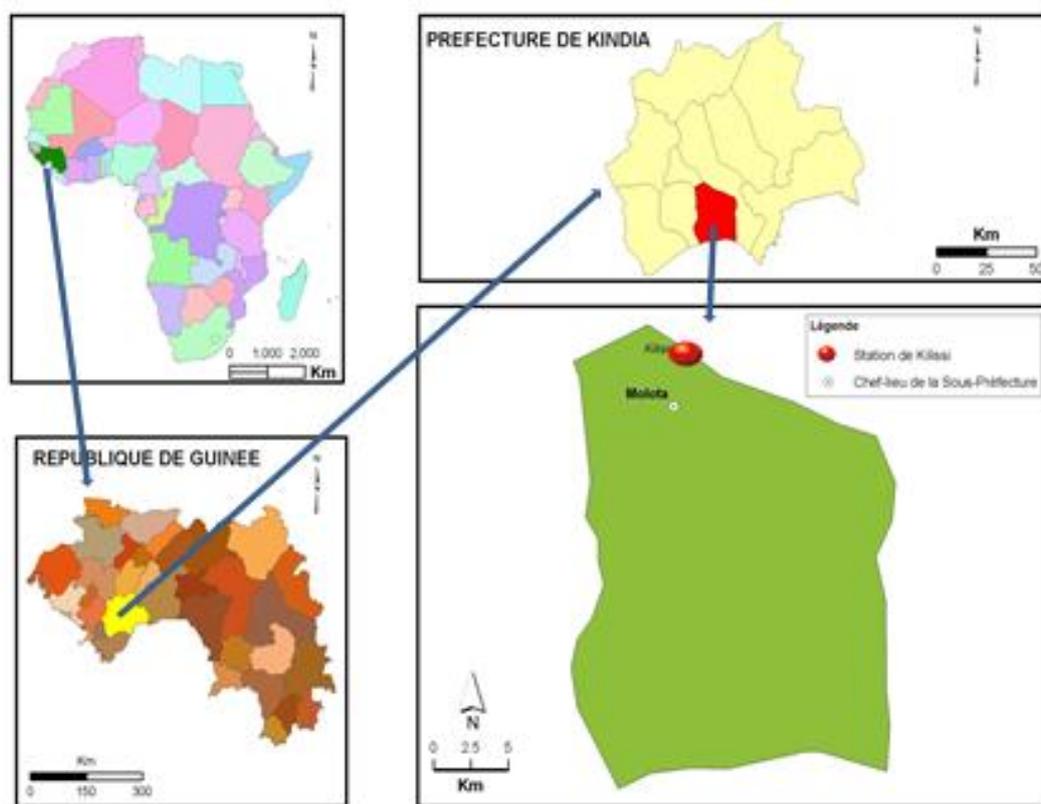
CHAPITRE II : Matériels et méthode

2-1- Matériels

2-1.1 Site d'étude

2-1-1.1 Situation géographique

La zone d'étude appartient administrativement à la Préfecture de Kindia, qui couvre une superficie de 8 828 km² pour une population estimée à 498 203 habitants (DNS, 2010). Elle est située à l'Est de la Basse Guinée. Elle est à 458,13 m d'altitude, en transition entre la Basse et la Moyenne Guinée (Monographie nationale, 2000).



Carte 1: carte de la zone d'étude (Source : CRA, 2014)

2-1-1.2 Climat

Le climat de Kindia est de type tropical humide, caractérisé par l'alternance de deux saisons d'inégale durée (saison pluvieuse plus longue de mai à novembre). Les vents dominants sont la mousson et l'harmattan. La moyenne mensuelle de la pluviosité pour l'année 2012 a été de 252 mm, celle de 2013, 169,83 mm. Les mois les plus pluvieux en 2013

étaient : juillet, août et septembre. Le maximum pluviométrique a été enregistré au mois de Septembre (381,3 mm pour l'année 2013). La pluviométrie annuelle a été de 1698,3 mm (Service Météo, 2013). L'évolution de la pluviométrie au cours de l'année 2013 est représentée par la figure 3.

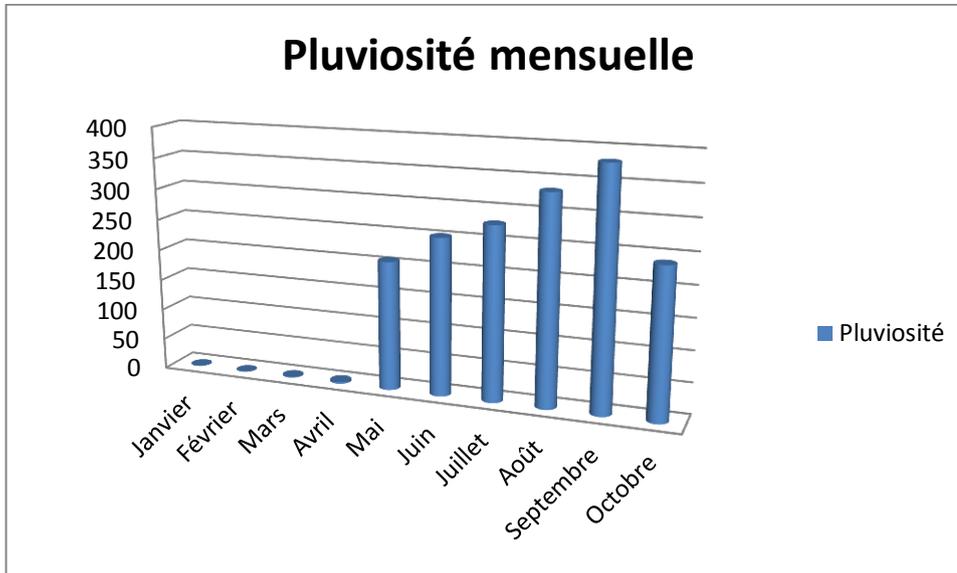


Figure 3 : Evolution de la pluviométrie mensuelle à Kindia pour 2013

La température annuelle est de 23,58 °C (de janvier à octobre 2013). La variation annuelle dépend des saisons. Les plus hautes valeurs s'observent au début de l'année (de janvier à mai). La température maximale peut atteindre 38°C en mars et avril, alors que le minimum peut descendre en dessous de 15°C en période matinale de l'harmattan.

Kindia reçoit en moyenne six (6) heures d'ensoleillement par jour. Mais cet élément est mal reparti à cause de l'influence directe de la nébulosité dont il dépend. De septembre à avril, l'insolation atteint son maximum de huit (8) heures par jour, tandis qu'au mois d'août, elle fléchit jusqu'à 2 heures (Service Météo, 2013).

Les potentialités économiques des populations de cette Préfecture demeurent l'agriculture, l'élevage, l'exploitation minière et la chasse. C'est une zone de production par excellence des agrumes d'où son nom « la capitale des agrumes » (Monographie nationale, 2000).

Les travaux ont été conduits sur la station de Recherches Agronomiques « Kim Il Sung » de Kilissi (SRAK). La station est comprise entre 9° 59 de latitude Nord et 12° 49 de longitude Ouest. Elle est située à 18 Km du chef-lieu de la Préfecture de Kindia. La SRAK est l'une des trois stations de l'Institut de Recherche Agronomique de Guinée (IRAG). Sa

vocation principale est la création de nouvelles variétés de riz, de maïs, d'arachide et la technologie des semences afin de participer aux objectifs de sécurité alimentaire et de réduction de la pauvreté. La station est située à une altitude variant entre 95 et 110 m.

Les données agro météorologiques de la SRAK se résument comme suit (Service Météo, 2013) :

- début de la saison culturale : mai
- fin de la saison culturale : décembre
- température moyenne : 26,25°C
- précipitation annuelle : 1621,9 mm
- humidité relative : 72,1%
- insolation journalière moyenne : 6,6 heures.

2-1-1.3 Sols

L'essai a été réalisé sur un sol hydro morphe, limono-argilo-sableux dont les caractéristiques chimiques déterminées à la suite de l'analyse d'un échantillon composite, sont présentées dans le tableau I.

Tableau I : Caractéristiques chimiques du sol de l'essai

Caractéristiques		Moyenne	Méthode d'analyse
Granulométrie	Argiles (%)	26,20	Densimétrie
	Limons fins (%)	-	
	Limons grossiers (%)	10,00	
	Sables fins (%)	6,00	
	Sables grossiers (%)	57,00	
	FAO	LAS	
pH eau		5,30	Électrométrie
pH KCl		4,70	Électrométrie
Carbone (%)		1,59	Anne
M.O (%)		2,75	Anne
N total (%)		0,13	Kjeldahl
C/N		12,2	
CEC (mol kg ⁻¹)		8,80	Kapen
P _{total} (mol kg ⁻¹ sol)		0,08	Colorimétrie
P _{ass} (Bray I) (mol kg ⁻¹ sol)		3,2	Colorimétrie

Le sol est faiblement acide, pauvre en éléments minéraux, moyennement riche en matière organique avec (un C/N de 12) et une bonne capacité d'échange cationique.

2-1-2 Matériel végétal utilisé

Au delà de la comparaison des performances agronomiques de l'Urée super granulée (USG) par rapport à l'urée ordinaire, il a été aussi question de déterminer parmi les différentes variétés de riz utilisées, celle qui répond le mieux au placement profond de l'urée en termes de rendement dans la localité. A cet effet, les variétés améliorées de riz CK21, CK90 et CK801 créées à Kilissi et dont les principales caractéristiques apparaissent dans le tableau II, ont été utilisées.

Tableau II : Caractéristiques des variétés de riz utilisées.

Caractéristiques	Variétés		
	CK21	CK90	CK801
Origines	SRA-Kilissi	SRA-Kilissi	SRA-Kilissi
Cycle Semi- Maturité (JAR)	115	125	113
Hauteur des plantes (cm)	150	120	135
Tallage	Moyen	Très bon	Bon
Longueur du grain (mm)	9,5	6,5	8,2
Largeur du grain (mm)	2,1	1,8	3,3
Poids de 1 000 graines (g)	27,0	31,0	30,0
Pilosité	Glabre	Glabre	Glabre
Aristation	Mutique	Mutique	Mutique
Couleur glumelle	Paille	Paille	Paille
Résistance aux maladies	Bonne	Bonne	Bonne
Système racinaire	Dense	Forte densité	Assez dense
Résistance à la sécheresse	Bonne	Sensible	Assez bonne
Tolérance à l'enherbement	Bonne, croissance rapide	Bonne	Bonne (croissance rapide feuille large)
Réponse à l'azote	Bonne	Bonne	Bonne
Caractéristique organoleptique	Bon goût, se prête au riz rassis, qualité des grains très appréciable	Bon goût, se prête au riz rassis, bonne aptitude à l'usinage	Bon goût, se prête au riz rassis
Rendement potentiel kg/ha	4 000	6 000	5 500
Rendement moyen kg/ha	2 500	4 000	3 000

Source : Station de Recherche Agronomique de Kilissi, 2011

2-2.3 Matériel technique

2-2 Méthodologie

2-2-1 Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental utilisé est celui du split plot à deux facteurs: les variétés de riz et le mode d'application de l'urée (3 modes d'apport et 3 variétés de riz) en quatre répétitions (Figure 3). Les variétés testées ont été placées dans les grandes parcelles de 50 m² chacune soit 10 m x 5 m. Les modes de fertilisation qui constituent le second facteur sont sur les parcelles secondaires de 15 m² chacune soit 5 m x 3 m. Dans chaque répétition, les grandes parcelles ont été randomisées puis les unités d'observation.

Les répétitions sont constituées par la combinaison variétés*modes d'apport. Les unités d'observation ou parcelles secondaires sont distantes les unes des autres de 0,5 m. Les grandes parcelles quant à elles sont distantes les unes des autres de 1 m et les répétitions sont distantes les unes des autres de 1,5 m. La zone de défense externe de l'essai est de 2 m en tout sens. La superficie d'une répétition est de 160 m². La superficie totale de l'essai est de 1026 m² (36m x 28,5m). Les traitements sont les suivants :

* Trois variétés de riz qui sont :

- ✓ Variété CK21 ;
- ✓ Variété CK801 ;
- ✓ Variété CK90.

* Trois modes de fertilisation azotée :

- ✓ U0 qui est le témoin absolu sans fertilisation à l'urée ;
- ✓ U1 : traitement ayant reçu l'urée ordinaire épandue à la volée
- ✓ U2 : traitement ayant reçu les granules d'urée de 1,8 g.

Deux facteurs sont en étude :

- Le facteur variété a été placé sur les grandes parcelles de 50 m² chacune.
- Le facteur mode d'application de l'urée : ce facteur comporte trois modes d'application qui ont été expérimentés sur les parcelles élémentaires de 15 m² chacune qui correspondent aux petites parcelles.

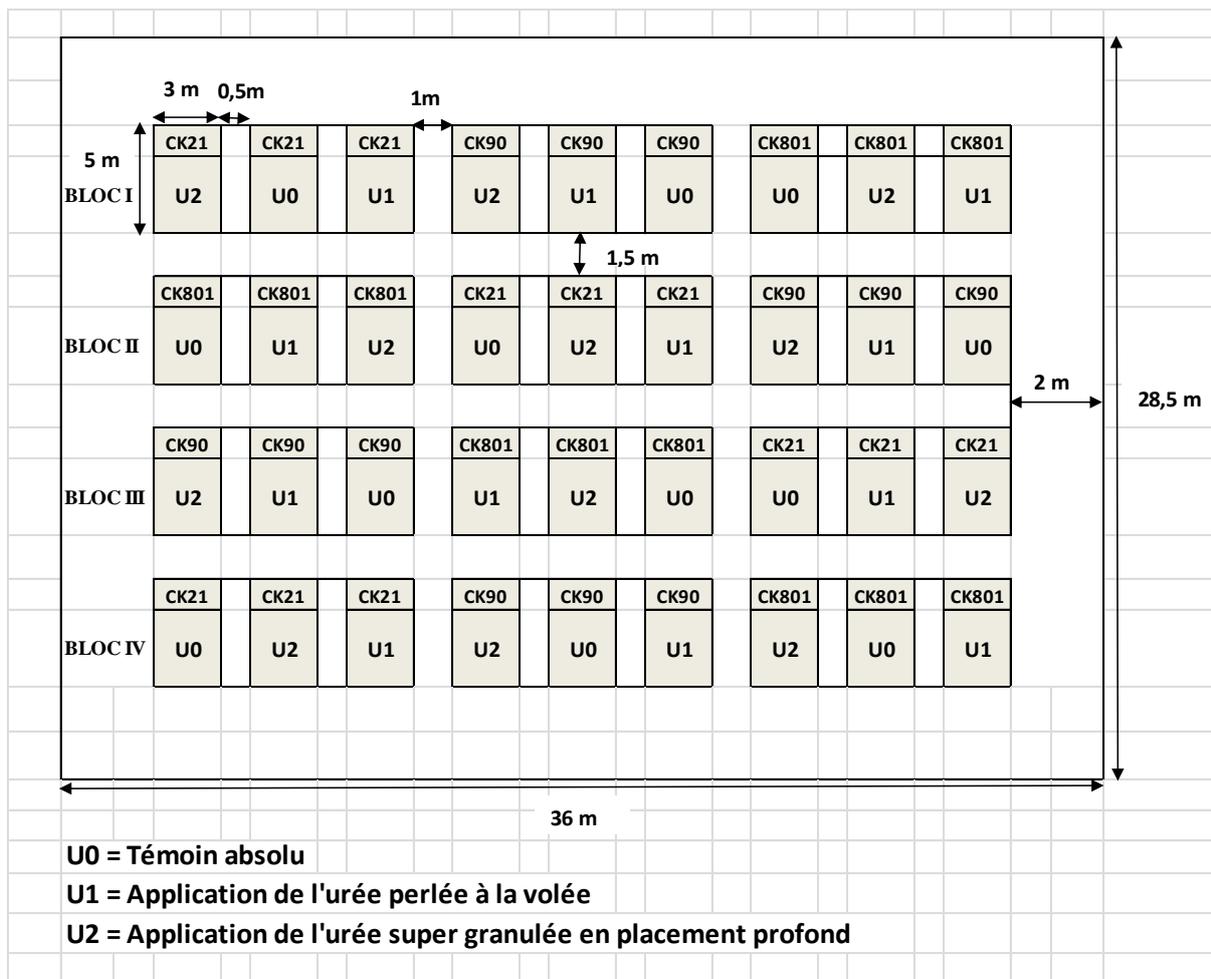


Figure 4 : Schéma du dispositif expérimental

2-2.2 Conduite de l'essai

2-2-2.1 Installation de la pépinière

Nous avons préparé une parcelle de 50 m² sur laquelle ont été installées les pépinières des trois variétés utilisées pour cette expérimentation.

2-2-2.2 Préparation du sol

Elle a consisté d'abord à un défrichage de la zone de l'essai, d'un labour et un hersage par la traction animale. Ces activités ont été suivies de la mise en boue et d'un nivellement pour permettre une meilleure maîtrise de la lame d'eau. Après la mise en boue et le planage, il a été procédé au parcellement et à la confection des diguettes de séparation des traitements et des blocs, pour éviter l'influence des parcelles voisines et pour la bonne gestion de l'eau.

2-2-2.3 Repiquage

Les plants issus de la pépinière installée à cet effet, ont été repiqués à trois (3) semaines d'âge, à raison de deux (2) brins par poquet avec un espacement de 20 cm x 20 cm en tous sens, soit une densité d'environ 250 000 plants/ha. Le repiquage a eu lieu le 1^{er} juillet 2013.

2-2-2.4 Méthode d'apport des fertilisants

L'épandage de l'engrais de fond a été réalisé après la confection des diguettes de séparation des traitements, à la dose de 200 kg de NPK 17 17 17 suivant les recommandations en vigueur pour la riziculture de bas-fond en Guinée.

L'urée ordinaire a été apportée comme engrais de couverture à la dose de 113 kg/ha. Cette dose a été épandue à la volée en deux fractions. La même quantité d'engrais a été apportée en placement profond sous forme de granules d'urée (de 1,8 g chacune) en un seul apport. L'urée super granulée a été appliquée en placement profond à 10 cm. Chaque granule est placé entre quatre poquets de riz à intervalles de 20 cm x 20 cm, 7 JAR. L'urée ordinaire a été épandue à la volée (engrais de tallage) 15 JAR. Le mode de placement utilisé est schématisé dans la figure 5.

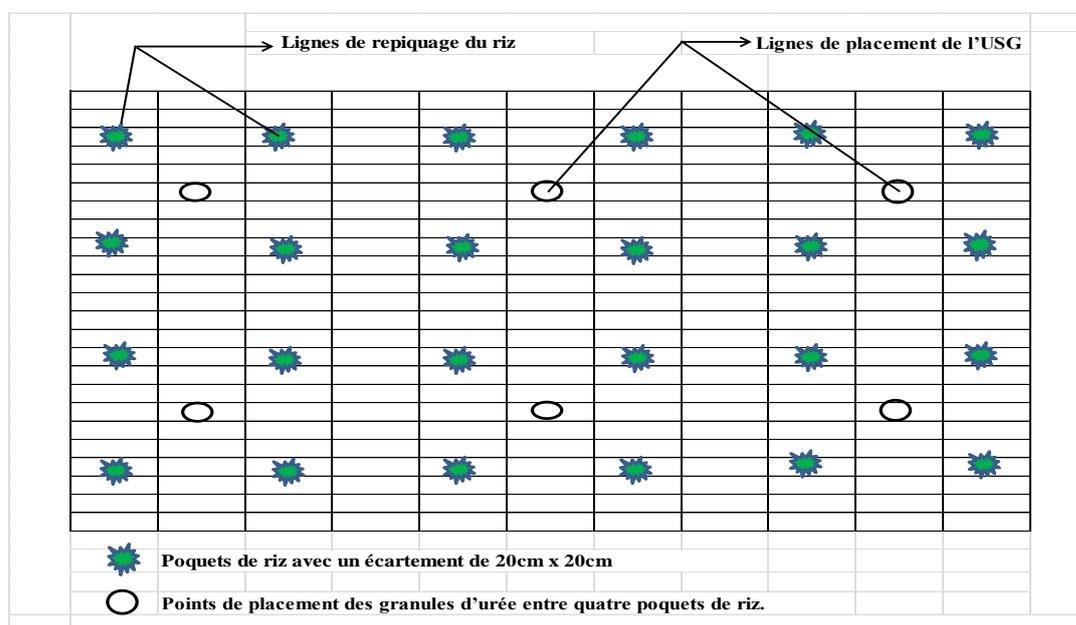


Figure 5 : Disposition de l'urée super granulée dans la rizière

2-2-2.5 Entretien de l'essai

Il a consisté essentiellement au suivi de la lame d'eau, après un traitement à l'herbicide sélectif de post-levée, le gariane (propanyl et butachlor) à la dose de 5 litres/ha.

Un désherbage manuel a été réalisé au 30^{ème} JAR au niveau des parcelles non fertilisées à l'urée. La seconde application de l'urée ordinaire a été réalisée au 45^{ème} JAR à la suite d'un désherbage manuel et d'un entretien des diguettes de séparation des parcelles.

L'irrigation de l'essai a été assurée essentiellement par les eaux de pluie et quelques rares fois par les eaux d'irrigation.

2-3 Mesure des paramètres

2-3.1 Variables agronomiques

Les variables agronomiques suivantes ont été collectées:

- le nombre de talles par m²;
- le nombre de panicules par m²;
- la hauteur des plants (en cm) ;
- le nombre de grains par panicule ;
- le taux de stérilité en % ;
- le poids de 1000 grains en g ;
- le rendement en paddy et paille (t/ha) ;
- l'indice de récolte (IR).

Pour déterminer ces paramètres, les observations ont portées sur les plants contenus dans une aire d'1 m² par parcelle élémentaire.

- le nombre de talles a été dénombré au 30^{ème} JAR et au 60^{ème} JAR ;
- le nombre de grains vides et pleins nous a servi pour déterminer le taux de stérilité ;
- le nombre de panicules a été déterminé par comptage au champ ;
- la hauteur des plants a été déterminée par mesure avec une règle graduée à la récolte ;
- le nombre de grains par panicule (à la récolte) a été déterminé par comptage ;
- le poids des 1000 grains a été déterminé après comptage et à 14 % d'humidité ;
- le rendement paddy a été évalué à l'aide d'une balance électronique après séchage jusqu'à 14% d'humidité ;
- le rendement paille a été évalué à l'aide d'une balance électronique, après séchage de la paille;
- L'indice de récolte (IR) nous a servi pour mesurer le rapport entre le rendement paddy (grains) et la biomasse totale produite.

Pour déterminer les rendements paddy et paille (t/ha) ainsi que les indices de récolte, nous avons effectué des calculs à l'aide des formules suivantes :

❖ **Pour le rendement paddy :**

Le rendement paddy à l'hectare a été estimé par extrapolation du rendement de la parcelle élémentaire (CAMARA, 2004) :

$$R = \frac{\text{Poids du riz de la parcelle élémentaire}}{\text{Superficie de la parcelle (15 m}^2\text{)}} \times 10\,000\text{ m}^2$$

❖ **Pour le rendement paille :**

La biomasse à l'hectare a été estimée par extrapolation du rendement de la parcelle élémentaire (CAMARA, 2004) :

$$R = \frac{\text{Poids du riz de la parcelle élémentaire}}{\text{Superficie de la parcelle (15 m}^2\text{)}} \times 10\,000\text{ m}^2$$

❖ **Pour l'indice de récolte :**

L'indice de récolte mesure le rapport entre le rendement paddy (grains) et la biomasse totale produite. Elle est déterminée par la relation suivante (DUIVENBOODEN 1996) :

$$IR = \frac{\text{Rendement paddy (grain) (kg)/ha}}{\text{Rendement paddy (grain) (kg)/ha} + \text{Rendement paille}}$$

2-3.2 Calculs économiques

Le calcul de la rentabilité d'une technologie est un facteur très important dans la décision d'adoption de cette technologie par les producteurs. Car, ceux-ci raisonnent aujourd'hui en termes de coût (LAMBONI, 2003). Nous avons donc procédé aux calculs de la rentabilité

économique de cette technologie à partir des variables économiques suivantes : le prix de l'engrais, le coût de la main d'œuvre, le rapport valeur sur coût et le revenu monétaire.

2-3.2.1. Main d'œuvre

Ce paramètre a été évalué en calculant le temps (nombre d'heure) pris par un individu (actif) pour l'application de l'urée super granulée à l'hectare. Une évaluation a été faite pour déterminer le nombre d'heure que mettra cet actif pour couvrir une surface d'un hectare.

A la station de Kilissi, les normes en vigueur sont :

- Pour l'épandage à la volée, un ouvrier doit couvrir une superficie de 8 ha par journée de travail de 8 heures.
- Le placement profond étant similaire au repiquage des plants, nous avons estimé qu'il faut 20 h/j pour 1 ha ; il faut en effet 25 hommes/jour pour repiquer un hectare, et cette opération nécessite une main d'œuvre un peu plus importante.

2-3.2.2. Rapport valeur sur coût

Le ratio valeur sur coût (RVC) permet d'évaluer la rentabilité financière des fumures (ADAM, 2000 ; cité par TRAORE 2009). Il s'agit du rapport entre l'augmentation de gain monétaire due à l'utilisation d'engrais, et le coût engendré par cette fumure. Sa formule est la suivante :

$$\text{RVC} = \frac{\text{Rendement parcelle fertilisée} - \text{Rendement parcelle témoin}}{\text{Coût de la fertilisation}} \times \text{Prix du riz}$$

2-3.2.3. Revenu monétaire

Le calcul du revenu monétaire s'obtient en ôtant de la valeur de la production due aux engrais, le coût total de ces engrais, par la formule suivante (SOKPOH, 1997) :

$$\text{Revenu} = [(\text{Rendement parcelles fertilisées} - \text{Rendement parcelles témoins}) \times \text{prix du riz}] - \text{Coût des engrais.}$$

2-4 Traitement et analyse des données

Les données ont été saisies dans le tableur Excel 2010. Ce logiciel a également permis la construction des graphiques. L'analyse de variance a été effectuée avec le logiciel GENSTAT Discovery édition 9.1. La séparation des moyennes a été faite par la méthode de la Plus Petite Différence Significative (PPDS), lorsque le test d'analyse de variance est significatif au seuil de 5% au moins.

CHAPITRE III : Résultats et discussions

3.1. Résultats

3.1.1. Effet des modes de fertilisation sur les variables agronomiques

Les résultats de l'analyse statistique, réalisée sur la base d'un modèle linéaire généralisée ayant permis de tester l'effet du mode d'apport, des variétés et de leur interaction sur différents paramètres agronomiques, sont consignés dans le tableau III.

Tableau III : Résultat d'analyse statistique (P valeurs) comparant les facteurs selon les variables agronomiques considérées

Variabes	Modes d'apport	Variétés	Modes*Variétés
Talles à 30 JAR	<.0001	0.116	0.685
Talles à 60 JAR	<.0001	0.0008	0.705
Nombre de panicules	<.0001	<.0001	0.185
Hauteur à la récolte	0.118	0.0006	0.716
Nombre de grains	<.0001	<.0001	<.0001
Taux de stérilité	<.0001	<.0001	0.094
Poids de 1000 graines	0.095	<.0001	0.760
Rendement paddy	<.0001	<.0001	0.167
Rendement paille	<.0001	0.257	0.316

De l'analyse de ce tableau, il ressort en ce qui concerne le mode d'apport, que seuls les paramètres hauteur des plants à la récolte et le poids de 1000 graines n'ont pas été significativement affectés. Tous les autres paramètres considérés ont été significativement influencé ($P < .0001$) par le mode d'apport d'urée. En ce qui concerne les variétés, on note que les talles à 30 JAR et le rendement paille, n'ont pas significativement évolué d'une variété à l'autre. Si on considère l'interaction entre le mode d'apport et les variétés utilisées, celle-ci n'a été significative que pour le paramètre nombre de grains ($P < .0001$).

3-1-1.1 Effet des modes de fertilisation sur le nombre de talles à 30 et 60 JAR, de panicules et la hauteur des plants

Les résultats concernant les paramètres agro-morphologiques sont donnés dans le tableau IV. Ce tableau a été conçu de façon à permettre de séparer les effets de chaque traitement et chaque variété individuelle. Il se présente sous la forme d'un tableau de contingence à double

entrée : 1) horizontalement le tableau compare l'impact des modes d'apport d'urée sur chaque variété ; 2) puis verticalement, il compare pour chaque mode d'apport, la réponse des différentes variétés entre elles.

Tableau IV : Variation du nombre de talles à 30 et 60 JAR, de panicules et la hauteur des plants en fonction du traitement.

Variables	Variétés	Modes de fertilisation			Pr > F	Signif.
		U0	U1	U2		
Talles à 30 JAR	CK21	81 ^{Ab}	93 ^{aAB}	108 ^{aA}	0,0378	S
	CK801	75 ^{aB}	105 ^{aAB}	117 ^{aA}	0,0452	S
	CK90	90 ^{Aa}	105 ^{aA}	123 ^{aA}	0,0984	NS
	Pr > F	0,3054	0,6837	0,4731		
	Signif.	NS	NS	NS		
Talles à 60 JAR	CK21	90 ^{aB}	105 ^{aAB}	123 ^{aA}	0,0280	S
	CK801	93 ^{aB}	117 ^{aB}	147 ^{aA}	0,0070	HS
	CK90	105 ^{aA}	126 ^{aA}	147 ^{aA}	0,0525	NS
	Pr > F	0,2740	0,3901	0,1716		
	Signif.	NS	NS	NS		
Nombre de panicules	CK21	72 ^{bC}	87 ^{bB}	111 ^{bA}	<,0001	HS
	CK801	75 ^{bC}	105 ^{aB}	132 ^{aA}	<,0001	HS
	CK90	99 ^{aC}	120 ^{aB}	138 ^{aA}	0,0097	HS
	Pr > F	0,0144	0,0071	0,0020		
	Signif.	S	HS	HS		
Hauteur à la récolte	CK21	126 ^{aA}	129 ^{aA}	132 ^{Aa}	0,4042	NS
	CK801	122 ^{aA}	123 ^{Ba}	128 ^{abA}	0,1611	NS
	CK90	122 ^{Aa}	121 ^{Ba}	122 ^{bA}	0,9198	NS
	Pr > F	0,5935	0,0476	0,0607		
	Signif.	NS	S	NS		

Les moyennes affectées d'une même lettre dans une même colonne ou une même ligne ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% par le calcul de la PPDS. Les lettres en majuscule se rattachent aux lignes et celles en minuscule aux colonnes. S=significatif ; NS=Non Significatif ; HS=Hautelement Significatif.

* Le nombre de talles

A 30 JAR, le plus grand nombre de talles (123) est obtenu avec la variété CK90 dans les parcelles de l'urée granulée (U2), et le plus petit nombre (75) est obtenu avec la variété CK801 dans les parcelles témoins (U0). Aucune différence significative n'a été observée entre les variétés (Tableau IV). Par contre, un effet significatif a été observé entre les modes de fertilisation pour les variétés CK21 et CK801 (respectivement $P < 0,0378$ et $P < 0,0452$). A 60 JAR, le plus grand nombre de talles (147) est obtenu avec les variétés CK90 et CK801 dans les parcelles de l'urée granulée (U2). Le plus petit nombre de talles (90) est obtenu avec la variété CK21 dans les parcelles témoins (U0). Tout comme le nombre de talles à 30 JAR, aucune différence significative n'a été observée entre les variétés (tableau IV). En revanche, il a été observée entre les modes de fertilisation, une différence significative ($P < 0,0280$) pour la variété CK21 et hautement significative ($P < 0,0070$) pour la variété CK801.

* Nombre de panicules

Le nombre de panicule a varié de 72 (U0) à 138 (U2) (tableau IV). Les parcelles fertilisées à l'urée super granulée (U2) ont donné les meilleurs nombres de panicules (138) avec la variété CK90. Elles sont suivies des parcelles de l'urée simple (U1) (120 panicules) avec la même variété CK90. L'analyse statistique (tableau IV) a révélé des différences hautement significatives ($P < 0,001$ et $P < 0,0097$) pour toutes les variétés, dans leurs réponses aux différents modes de fertilisation. Si on considère la réponse des variétés à chaque mode de fertilisation, l'analyse de variance révèle que la différence est hautement significative pour les traitements U2 et U1 (respectivement $P < 0,0020$ et $P < 0,0071$), et significative pour le traitement U0 ($P < 0,0144$).

* La hauteur des plants à la récolte

La hauteur des plants a varié de 121 cm (U1) à 132 cm (U2) (tableau IV). La plus petite hauteur (121 cm) a été observée avec la variété CK90 sur les parcelles de l'urée simple (U1), tandis que la plus grande hauteur (132 cm) a été observée avec la variété CK21 sur les parcelles de l'urée granulée (U2). La variété CK21 a mieux réagit à l'urée ; elle est suivie de la variété CK801. Les trois variétés n'ont eu des hauteurs statistiquement différentes que pour le traitement U1. Aucune autre différence significative entre les modes d'apport pour toutes les variétés considérées n'a été révélé (tableau IV).

De même lorsqu'on considère chaque traitement individuellement, l'influence a été également non significative pour les traitements U0 et U2 (respectivement $P = 0,0607$ et $P = 0,5935$) au seuil de 5%, mais significative pour les traitements U1 ($P < 0,0476$) entre les variétés.

3-1-1.2 Effet des modes de fertilisation sur le nombre de grains par panicule, le taux de stérilité et le poids de 1000 graines.

La variation du nombre de grains par panicule, du taux de stérilité et du poids de 1000 graines en fonction des modes de fertilisation, est donnée dans le tableau (V). Ce tableau a été conçu de la même façon que le tableau (IV). Les résultats de l'analyse statistique réalisés dans le but de tester plus en détail l'effet des modes d'apport et des variétés sur les paramètres nombre de grains par panicule, taux de stérilité et du poids de 1000 graines sont également présentés dans le tableau (V).

Tableau V : Variation du nombre de grains par panicule, du taux de stérilité et du poids de 1000 graines en fonction du traitement.

Variables	Variétés	Modes de fertilisation			Pr > F	Signif.
		U0	U1	U2		
Nombre de grains par panicule	CK21	160 ^{aC}	164 ^{aB}	175 ^{aA}	<,0001	HS
	CK801	136 ^{bC}	145 ^{bB}	149 ^{bA}	<,0001	HS
	CK90	124 ^{cC}	140 ^{cB}	146 ^{cA}	<,0001	HS
	Pr > F	<,0001	<,0001	<,0001		
	Signif.	HS	HS	HS		
Taux de stérilité (%)	CK21	19,25 ^{aA}	13 ^{aB}	10,50 ^{aC}	<,0001	HS
	CK801	19,25 ^{aA}	11 ^{aB}	7,50 ^{bC}	<,0001	HS
	CK90	16,75 ^{bC}	11 ^{aB}	7,50 ^{bA}	<,0001	HS
	Pr > F	0,0029	0,3612	0,0065		
	Signif.	HS	NS	HS		
Poids de 1000 graines (g)	CK21	31,76 ^{aA}	31,55 ^{bA}	32,37 ^{bA}	0,5819	NS
	CK801	31,33 ^{aA}	33,27 ^{aA}	33,21 ^{bA}	0,2666	NS
	CK90	33,02 ^{aA}	33,73 ^{aA}	34,21 ^{aA}	0,2090	NS
	Pr > F	0,3975	0,0163	0,0074		
	Signif.	NS	S	HS		

Les moyennes affectées d'une même lettre dans une même colonne ou une même ligne ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% par le calcul de la PPDS. Les lettres en majuscule se rattachent aux lignes et celles en minuscule aux colonnes. S=significatif ; NS=Non Significatif ; HS=Hautelement Significatif.

* Nombre de grains par panicule

Le nombre de grains par panicule a varié de 124 (U0) à 175 (U2) (tableau V). Le plus petit nombre de grains a été obtenu avec la variété CK90 sur les traitements témoins (U0). Le plus grand nombre de grains a été obtenu avec la variété CK21 sur les traitements de l'urée granulée (U2). L'évaluation des réactions des différentes variétés sur chaque mode de fertilisation fait ressortir que la variété CK21 est la plus performante pour l'ensemble des traitements de fertilisation. En ce qui concerne les modes d'apport, les traitements U1 et U2 ont réagi de la même manière et donnent les meilleurs résultats quelque soit la variété considérée. Les résultats de l'analyse statistique (tableau V) montrent que toutes les variétés présentent une différence hautement significative ($P < 0,0001$) dans leurs réponses aux modes d'apport. Les modes d'apport ont eu des effets hautement significatifs sur les variétés.

* Taux de stérilité

La fertilisation azotée a considérablement réduit le taux de stérilité des grains de riz au niveau de toutes les variétés. Le traitement de l'urée granulée (U2) a enregistré le taux de stérilité le plus bas (7,50%) sur les variétés CK90 et CK801 et 10,50% sur la CK21. Il est suivi du traitement de l'urée ordinaire (U1) avec un taux de 11% sur CK90 et CK801 et 13% sur CK21. Pour la performance des variétés, la CK90 ayant enregistré le plus faible taux de stérilité au niveau de tous les traitements de fertilisation, est la plus performante. L'analyse statistique (tableau V) indique une différence hautement significative ($P < 0,0001$) des modes d'apport sur toutes les variétés. Concernant les modes d'apport, les traitements U0 et U2 ont montré des différences hautement significatives (respectivement $P < 0,0029$ et $P < 0,0065$) au seuil de 5% entre les variétés. Tandis que le traitement U1 ne présente aucune différence significative ($P = 0,3612$) au seuil de 5%.

* Effets sur le poids de 1000 graines

Le poids de 1000 graines a varié de 31,76 g (U0) à 34,21 g (U2). Le plus faible poids a été observé dans les traitements U0 avec la variété CK21. Tandis que le plus grand poids a été observé sur les traitements U2 avec la variété CK90. Tout comme pour le taux de stérilité des grains, la variété CK90 a produit les meilleurs résultats pour le paramètre poids de 1000 graines au niveau de tous les traitements. Toutes les variétés présentent des différences non significatives entre les modes d'apport ($P = 0,2090$ et $P = 0,5819$).

Lorsque l'on s'intéresse à l'effet de chaque fertilisant sur les différentes variétés, on peut noter que les variétés ont significativement répondu seulement dans les traitements U1 et U2. L'analyse statistique (tableau VI) montre une différence hautement significative ($P < 0,0074$) entre les variétés pour le traitement U2 et une différence significative ($P < 0,0163$) pour le traitement U1. Quant aux traitements U0, l'analyse statistique n'a révélé aucune différence significative ($P = 0,3975$) entre les variétés.

3.1.1.3. Effet des modes de fertilisation sur les rendements paddy et paille

Les résultats de l'analyse statistique réalisés dans le but de tester plus en détail l'effet des modes d'apport et des variétés sur les paramètres rendements paddy et paille sont présentés dans l'Annexe 2.

*** Effets sur le rendement paddy**

Le rendement paddy a varié de 1,03 t/ha (U0) à 4,93 t/ha (U2), (figure 5). Le plus faible rendement a été obtenu avec la variété CK21 dans les traitements témoins (U0). Le meilleur rendement a été obtenu avec la variété CK90 dans les traitements (U2). La variété CK90 a été la plus productive au niveau de tous les traitements modes d'apport (figure 6). La variété CK21 a été la moins productive. Toutes les variétés ont montré une différence hautement significative ($P < 0,0001$) dans leurs réponses aux différents modes d'apport (Annexe 2).

Si on considère l'effet de chaque fertilisant sur les différentes variétés, les résultats de l'analyse de variance (Annexe 2) montrent que seul le traitement U2 a produit les résultats hautement significatifs ($P < 0,0004$) entre les variétés. Tandis que les traitements U1 et U0 n'ont pas indiqué de différences significatives (respectivement $P = 0,0630$ et $P = 0,0738$) entre les variétés.

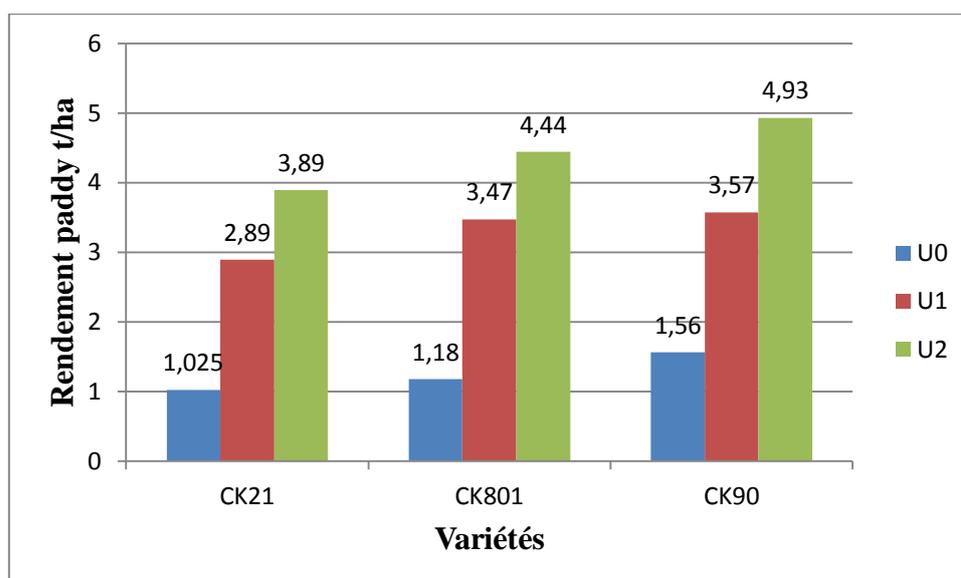


Figure 6 : Comparaison des rendements paddy des trois variétés selon les modes d'apport.

Il ressort de ce tableau, que les rendements paddy de ces trois variétés évoluent en fonction des traitements des modes de fertilisation.

*** Sur le rendement paille**

Le rendement paille a varié de 2,17 t/ha (U0) à 4 t/ha (U2). La plus petite biomasse a été obtenue dans les traitements U0 sur la variété CK21 et la plus grande a été obtenue dans les traitements U2 sur la même variété CK21. Cette variété a été la plus productive en termes de biomasse au niveau de tous les traitements (figure 7). Les résultats de l'analyse statistique (Annexe 2) montrent que toutes les variétés présentent des différences hautement significatives ($P < 0,0011$ et $P < 0,0014$) dans leurs réponses entre les modes de fertilisation.

Lorsqu'il s'agit de l'effet de chaque mode de fertilisation sur les différentes variétés, nous remarquons que la différence est non significative ($P = 0,5019$ et $P = 0,8373$) entre les variétés pour l'ensemble des traitements modes de fertilisation (Annexe 2).

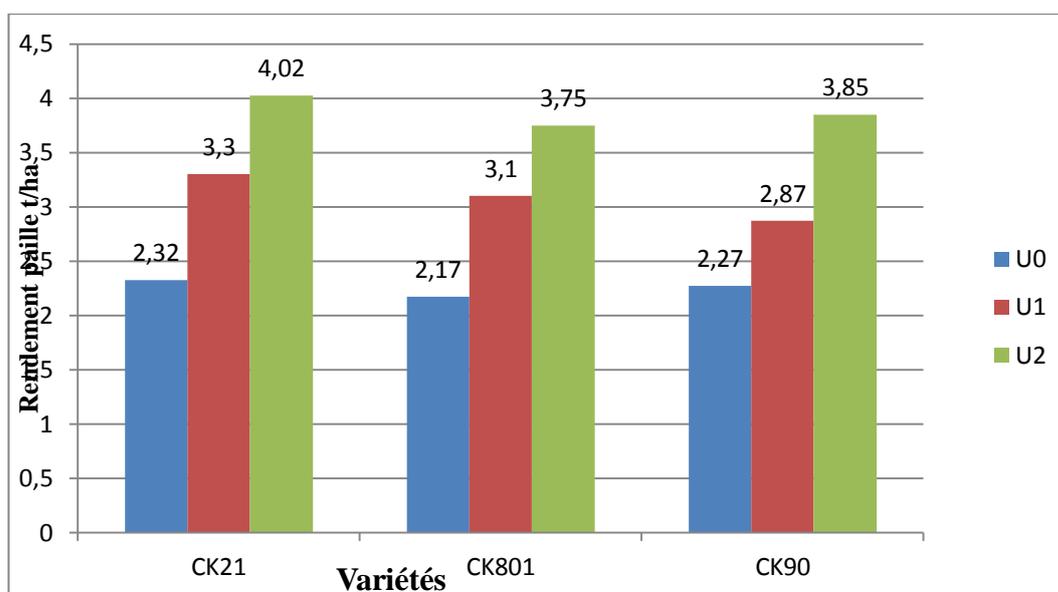


Figure 7 : Comparaison des rendements paille des trois variétés selon les modes d'apport

Tout comme le rendement paddy, ce graphique (figure 7) montre que les rendements paille évoluent en fonction des modes d'apport de l'urée.

3.1.1.4. Effets des traitements modes d'apport sur l'indice de récolte

Les résultats des calculs sur les indices de récolte (IR) (figure 8) montrent que ce paramètre a varié de 0,31 à 0,56. Les plus petites valeurs ont été observées au niveau des traitements témoins. Tandis que les plus grandes valeurs ont été observées au niveau des traitements ayant reçu l'urée. Les variétés CK90 et CK801 ont montré des indices de récolte légèrement supérieures à la valeur 0,50 (figure 8) proposée dans les conditions de l'Afrique de l'Ouest par Van DUIVENBOODEN (1996).

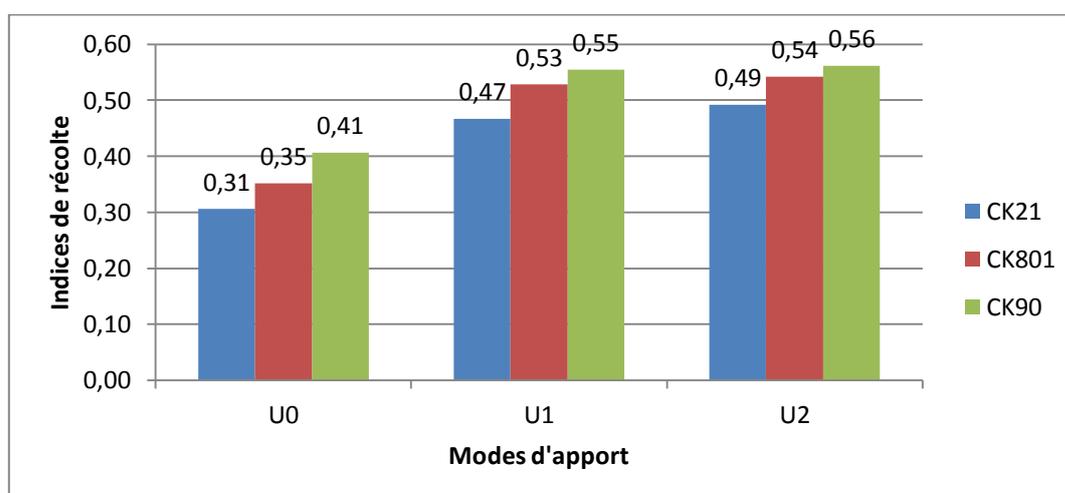


Figure 8 : Evolution des indices de rentabilité en fonction des modes d'apport

3-1-2- Calculs économiques

3-1-2.1 Rapport valeur sur coût (RVC)

Les données sur les ratios ont été obtenues en considérant les prix en vigueur en Guinée : 2000 francs guinéens (GNF), soit 150,23 FCFA pour un kilogramme de riz paddy, et 5000 francs guinéens (soit 375,58 FCFA) pour un kilogramme d'urée technique. En estimant un coût supplémentaire de 20% dû aux opérations de granulation de l'urée, le Kg de super granulé coûterait 6 000 GNF (5 000 +1000), soit 450,704 FCFA.

Les Rapports valeur sur coût (RVC) calculés pour toutes les variétés en fonction des modes d'apport de l'urée (U1 et U2), sont consignés dans le tableau VI.

Tableau VI : Rapport Valeur sur Coût des modes d'application de l'urée

Variétés	Rapport Valeur sur Coût (RVC)	
	Placement profond de l'urée (U2)	Application à la volée (U1)
CK21	8,44	5,46
CK801	9,61	6,75
CK90	9,76	5,92
Moyenne	9,27	6,04

Le placement profond de l'urée est le mode de fertilisation qui donne les meilleurs RVC avec une moyenne de 9,27 contre 6,04 pour l'application de l'urée à la volée; la valeur la plus élevée est obtenue pour la variété CK90, suivie de la CK801.

3-1-2.2 Revenu Monétaire

Il faut rappeler que cette expérimentation qui est une innovation mise en place pour la première fois en Guinée, a été réalisée en station. Les coûts de la main d'œuvre étant variables d'une zone à une autre, les données utilisées pour cette évaluation du revenu monétaire ne concernent que celles de la station de Kilisssi : la norme journalière est de 30 000 GNF par Homme Jour (HJ) soit 2 253 FCFA. Le prix d'achat de 113 kg d'urée ordinaire est de 565 000 GNF. Les frais de main d'œuvre correspondant à l'application de cet engrais par hectare est

de 120 000 GNF soit la valeur pour 4 ouvriers. Le coût total de cette activité pour un (1) hectare est de : 565 000 GNF + 120 000 GNF = 685 000 GNF, soit 51 455 FCFA.

Avec les granules de 1,8g, les frais liés à la fertilisation azotée de 113 kg d'USG est de 678 000 GNF. Les frais correspondant à l'enfouissement de cet engrais par hectare est de 600 000 GNF soit la valeur pour 20 HJ. Le coût total engendré par cette activité est de : 678 000 GNF + 600 000 GNF = 1 278 000 GNF, soit 96 000 FCFA/ha.

Le calcul du revenu monétaire a été effectué par la formule citée plus haut et les résultats sont consignés dans le tableau VII.

Tableau VII : Revenus monétaires (GNF) générés pour chaque variété par les deux modes d'application de l'urée.

Revenu monétaire en GNF pour 1 ha					
Variétés	Placement profond de l'urée (U2)	Application à la volée (U1)	Gain dû au placement profond		
			GNF	FCFA	%
CK21	5 050 000	3 143 000	1 907 000	143 248,826	60,67
CK801	5 842 000	4 015 000	1 827 000	137 239,436	45,50
CK90	6 062 000	3 455 000	2 607 000	195 830,985	75,45

Il ressort de ce tableau que le placement profond de l'urée est une innovation qui permet d'améliorer le revenu des producteurs. Les revenus monétaires supplémentaires dus à cette technologie varient en fonction de la variété cultivée, de 1 827 000 à 2 607 000 GNF soit (de 137 239,436 FCFA à 195 830,985 FCFA). Soit un taux d'accroissement dû à l'utilisation de l'urée super granulée variant de 45,50 % à 75,45 %.

3-2 Discussion

3.2.1. Effet du placement profond de l'urée sur les paramètres agronomiques du riz

Les résultats des analyses de variance ont montré que le mode d'apport de l'urée a eu de façon générale, un effet significatif sur l'ensemble des paramètres agronomiques. Les parcelles traitées à l'urée super granulée ont produits plus d'effets positifs que celles de l'urée ordinaire épandue à la volée et des parcelles témoins, et ce, pour toutes les variétés testées. Le placement profond de l'urée a bien favorisé le tallage, et donné plus de panicules que l'urée simple à la volée (147 panicules pour U2 contre 126 panicules pour U1 pour la variété CK90). Ceci montre bien que les plantes dans les traitements ayant reçues les granules d'urée placées en profondeur, ont bénéficié d'une meilleure alimentation azotée que les autres. En effet, la capacité de certaines variétés à mieux accéder à l'azote disponible expliquerait cette différence de performances. Pour cela les variétés avec un système racinaire développé devraient logiquement mieux profiter du placement profond de l'urée ; c'est ce qui expliquerait aussi les performances élevées de la variété CK90.

Nos résultats corroborent ceux trouvés par DOBERMANN (1976) et BANDAOGO (2010). En effet, DOBERMANN (1976) a constaté que l'azote apportée au riz en placement profond, augmente la taille des feuilles, des grains, le nombre d'épillets par panicule, le pourcentage d'épillets remplis dans les panicules et la teneur des grains en protéine. Les supers granules sont caractérisés par une plus faible solubilité (BANDAOGO, 2010); quand ils sont placés en profondeur la libération de l'azote se fait progressivement, et au moment où la plante en a le plus besoin (TRAORE, 2009; YAMEOGO, 2009 ; CISSE, 2011). Contrairement à la pratique habituelle d'épandage de l'urée à la volée, les supers granules placés en profondeur réduisent donc considérablement les pertes d'azote par volatilisation, lessivage et par dénitrification. Ce qui assure une pollution minimale du milieu, une meilleure gestion de l'eau, et une limitation de la sensibilité de la culture aux maladies (CASSMANN et al., 1993). Les plantes se retrouvent alors dans de bien meilleures conditions pour leur croissance.

Ces effets positifs du placement profond de l'urée, se sont également manifestés sur d'autres paramètres agronomiques du riz notamment, le nombre de grains par panicule, le taux de stérilité et le poids de 1000 graines. En effet, le riz des parcelles fertilisées à l'USG a

produit beaucoup plus de grains, en particulier pour par la variété CK21. De même, le plus faible taux de stérilité a été obtenu avec le traitement de U2 pour les variétés CK90 et CK801. Ces résultats montrent encore très bien, les effets positifs du placement profond de l'urée super granulée par rapport à la méthode habituelle d'apport de l'urée simple à la volée. Ils sont conformes à ceux d'autres travaux conduits dans différentes zones du Burkina Faso (TRAORE, 2009; YAMEOGO, 2009 ; CISSE, 2011 ; DOBERMANN, 1976). Ces auteurs attribuent la performance du placement profond de l'urée super granulée à la meilleure disponibilité des nutriments, les granules d'urée placés en profondeur favorisant la diffusion lente de l'azote.

Les résultats de l'analyse de variance appliquée au poids de 1000 graines et au rendement paddy et paille ont mis en évidence l'efficacité agronomique des granules d'urée placés en profondeur par rapport à la méthode courante d'application de l'urée simple à la volée. En effet, les parcelles de l'urée super granulée ont produit des grains de riz dont le poids moyen (34,21 g) est supérieur à celui des parcelles traitées à l'urée simple (33,73 g) par la variété CK90. Quant au rendement paddy (t/ha), le meilleur rendement a été obtenu par la variété CK90 sur les parcelles traitées à l'urée super granulée (4,93 t/ha contre 3,73 t/ha pour les traitements de l'urée à la volée). Nous pouvons donc facilement remarquer que le placement profond des granules d'urée a significativement augmenté les rendements paddy de plus d'une tonne par rapport à l'urée ordinaire épandue à la volée, soit un accroissement du rendement de l'ordre de 32,17% pour la variété CK90. Ce qui est très important dans la décision d'adoption de cette technologie par les producteurs. La variété CK21 a produit dans les parcelles fertilisées à l'USG, la plus grande quantité de biomasse (4 t/ha contre 3,30 t/ha pour les parcelles de l'urée simple). Egalement, le placement profond d'urée granulée a provoqué l'augmentation de près d'une tonne de biomasse, soit un accroissement du rendement de l'ordre de 21,21% pour la variété CK21. Tout comme le nombre de grains par panicules et le taux de stérilité, ces résultats ont également bien mis en exergue l'efficacité agronomique des granules d'urée placés en profondeur par rapport à l'urée ordinaire épandue à la volée. Ces résultats corroborent ceux de PASSANDARAN et al. (1999) en Indonésie, de l'IFDC (2011) et de YAMEOGO (2012) à travers des études réalisées dans différentes zones rizicoles du Burkina Faso. En effet, PASSANDARAN (1999), stipule que le placement profond de l'urée pourrait augmenter le rendement paddy de 300 à 1900 Kg/ha. L'IFDC (2011), souligne une augmentation moyenne des rendements de plus de 20% pour les parcelles du placement

profond par rapport à l'application de l'urée perlée à la volée, ce qui correspond à une tonne supplémentaire par hectare. YAMEOGO (2012) quant à lui, en comparant le rendement de la biomasse de l'urée super granulée par rapport au rendement de l'urée ordinaire épandue à la volée, a observé une augmentation du rendement paddy de l'ordre de 800 kg/ha soit un accroissement de 20% et une augmentation de 358 kg/ha pour la biomasse, soit un accroissement de (7%).

Les résultats des calculs sur les indices de récolte ont montré que les IR observés pour les traitements ayant reçu l'urée sont légèrement supérieurs à la valeur 0,50 proposée par VAN DUIVENBOODEN (1996). Ce qui expliquerait la baisse de l'indice de rentabilité de la variété CK21 au niveau des traitements ayant reçu l'urée. Les travaux de cet auteur montrent qu'un excès d'azote dans la plante provoque la baisse de l'IR. L'azote tend à favoriser plus la production de paille.

En Guinée, le riz étant une denrée stratégique pour le gouvernement et les populations. L'amélioration de sa productivité s'avère nécessaire en vue de garantir la sécurité alimentaire et la paix sociale du pays. Pour relever ce défi, la technologie du placement profond de l'urée super granulée pourrait jouer un rôle important. Ce pays étant d'une zone tropicale humide où la pluviosité moyenne annuelle est de 2 500 mm (PNDA, 2007), les pertes de l'azote sous l'effet des inondations récurrentes sont énormes. Les effets du changement climatique viennent empirer cette situation. Les rizières sont en permanence inondées, les pluies diluviennes sont récurrentes et l'installation des poches de sécheresse en pleine saison humide est de plus en plus fréquente. L'urée apportée à la volée est donc à la merci des eaux de drainage et la volatilisation. L'abondance des pluies empêche les producteurs de respecter les périodes d'application de l'urée à la volée. Ce qui fait fléchir les rendements des cultures et compromet la récolte des producteurs. Ce mode d'application peu donc bien convenir aux pratiquants de la riziculture irriguée en Guinée. En outre, les variétés améliorées créées par la station de Kilissi, grande consommatrices d'azote et ayant un système racinaire bien développé répondront mieux au placement profond d'urée.

3.2.2. Rentabilité économique de la technique du placement profond de l'urée

La technologie du placement profond de l'urée est une activité supplémentaire qui requiert une main d'œuvre suffisante pour sa réalisation à grande échelle. Elle est une opération similaire au repiquage du riz. Le besoin de main d'œuvre devient de ce fait crucial

dans la mesure où cet engrais doit être appliqué 7 à 10 jours après le repiquage afin d'avoir un bon rendement.

Au cours de notre expérimentation, cette remarque a été bien mise en évidence. Ce mode d'application (enfouissement) demande plus de temps et de main d'œuvre par rapport à l'épandage à la volée de l'urée simple.

Les charges liées à l'application de cette technologie, sont élevées : pour un ha, il faudrait disposer de 1 278 000 GNF (96 000 FCFA), soit 678 000 GNF pour l'achat de 113 kg de l'USG, et 600 000 GNF pour les frais d'enfouissement. Cette somme avoisine le double du coût de l'application à la volée, soit un accroissement des dépenses de 86,56%. TRAORE (2009), a trouvé une augmentation de 59,78% du coût de la fertilisation azotée de l'USG par rapport l'application traditionnelle de l'urée à la volée. L'IFDC (2011) estime le coût des opérations du PPU à 10% du prix de l'urée ordinaire. Toutefois, les valeurs du ratio valeur sur coût, montrent que les indicateurs de rentabilité relatifs à l'utilisation de ces granules d'urée en placement profond, sont de 4 fois supérieures à la valeur minimale (2) du rapport valeur sur coût relatif à l'utilisation des engrais minéraux en Afrique souvent utilisée par la FAO comme indicateur de rentabilité pour la riziculture irriguée. Ces fortes valeurs obtenues corroborent celles de SOKPOH (1997) et d'AGATE (1999) au Togo. Elles montrent donc très clairement l'efficacité de cette technique dans nos conditions expérimentales. Toutefois, TRAORE (2009), dans une étude menée sur la plaine de Bagré au Burkina Faso, a trouvé que ces deux méthodes d'application de l'urée s'équivalent en termes de rentabilité financière. Mais si l'on considère que cet indicateur de rentabilité est le seuil en dessous duquel le revenu brut de l'utilisation de l'engrais n'est plus suffisant pour couvrir les coûts d'achat de l'engrais et les autres coûts afférant à son utilisation (AGATE, 1999), on peut proposer la vulgarisation du placement profond de l'urée en Guinée.

La technologie du PPU, a généré avec la variété CK90 un revenu moyen de 6 062 000 GNF contre 3 455 000 GNF obtenu à la volée. Soit un gain monétaire de 2 607 000GNF pour un accroissement du revenu de 75, 45%. Ce résultat nous permet d'affirmer que cette innovation est plus rentable par rapport à la méthode habituelle d'épandage de l'urée. Le résultat de la méthode habituelle d'épandage de l'urée est similaire à celui obtenu par l'ANASA en 2012. En effet, selon ces travaux, l'accroissement généré par unité de surface entre les exploitations appuyées (ayant reçue des semences et engrais) et non appuyée

(n'ayant rien reçue) est de 1060 kg de riz paddy pour une valeur monétaire de 3 180 000 GNF par hectare. Pour un investissement de 1 492 760 GNF, il est obtenu un bénéfice de 1 687 240 GNF avec un niveau de rentabilité de 113%.

Au regard de ces résultats obtenus sur la rentabilité économique de la technologie du placement profond d'urée super granulée, il apparaît que cette innovation est plus rentable malgré que l'enfouissement de cet engrais requiert une activité supplémentaire pour les producteurs.

Conclusion et recommandations

La présente étude menée à la Station Agronomique de Kilissi sur le placement profond de l'urée super granulée, est une innovation en Guinée. Elle avait pour objectif de tester l'efficacité agronomique et économique du placement profond de l'urée super granulée.

Les résultats obtenus ont montré que la technique de placement profond de l'urée est efficace : toutes les variétés ont mieux exprimé leur potentiel agronomique dans les parcelles traitées avec le super granulé, et les analyses statistiques (tableau IV et V) ont mis en évidence la supériorité agronomique du PPU par rapport à la technique classique d'épandage de l'urée. Les analyses économiques ont également mis en évidence la performance de la technologie de placement profond de l'urée (PPU). Sur l'ensemble des variétés testées, la variété CK90 a été la plus performante au regard des résultats obtenus. Le ratio valeur sur coût, qui permet d'évaluer la rentabilité financière des fumures, est toujours beaucoup élevé pour le PPU comparativement à l'épandage à la volée, jusqu'ici uniquement pratiquée en Guinée. Les revenus monétaires supplémentaires générés par le PPU varient de 1 287 000 à 1 947 000 francs Guinéens en fonction de la variété de riz cultivée.

Le placement profond de l'urée est donc une alternative à la pratique d'épandage de l'urée et ce, du triple point de vue agronomique, économique et écologique. Sur le plan agronomique, l'amélioration des rendements permettra d'augmenter la production nationale et de contribuer à l'atteinte de la sécurité alimentaire. Sur le plan économique, l'important gain supplémentaire de revenus permettra de réduire la pauvreté en milieu rural, en contribuant à la satisfaction des besoins des populations (santé, scolarisation des enfants, etc.). Enfin, l'utilisation de l'urée super granulée en placement profond se traduit par une réduction considérable des quantités d'engrais, et donc la réduction des risques de pollution de la nappe phréatique et des cours d'eau.

Les résultats de cette étude ont démontré le rôle important de l'urée super granulée dans l'amélioration des rendements du riz. Il ne s'agit toutefois que des résultats d'une seule campagne agricole, et l'étude devrait donc être reconduite y compris dans d'autres zones rizicoles. Dans cette optique, nous suggérons que les études ultérieures prennent en compte les aspects suivants :

- l'identification de la profondeur optimale de placement des granulés ;
- l'identification de la dose optimale de fertilisation par le super granulé ;
- l'évaluation plus poussée des effets socio-économiques du PPU pour les riziculteurs.

Bibliographie

- AGATE, A. A., 1999.** Effet d'une fertilisation azotée et phosphatée sur la production d'une «association maïs-mucuna», Mémoire d'Ingénieur Agronome, UB-ESA, Lomé, 75 p.
- ANASA, 2010.** Agence Nationale des Statistiques Agricoles et Alimentaires, Rapport national, Conakry, 2010, République de Guinée, 33p.
- ANASA, 2012.** Agence Nationale des Statistiques Agricoles et Alimentaires, Rapport synthèse, Conakry, 2012, République de Guinée, 11p.
- 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, 2010, Burkina Faso, 66p.
- BARRY, M. B., 2006,** Diversité et dynamiques des variétés locales de riz (*O. SATIVA* & *O. GLABERIMA*) en Guinée, Conséquences pour la conservation des ressources génétiques, Thèse de Doctorat, Ecole nationale supérieure agronomique de Rennes, 2006, France, 158p.
- BURTIN, M. L., 1996.** Paramétrage d'une méthode de calcul de la dose d'azote à apporter au maïs en alsace dans les systèmes de cultures sans déjections animales. Mémoire du mastère d'ingénierie agronomique. INRA, Bordeaux, 1996, France, 82p.
- CAMARA L. M. et KEITA S., 2004.** Etude de la variabilité des caractères de production du riz NERICA à Kamara, Tiro et Yatiya/Faranah, Mémoire de diplôme de fin d'études supérieures, Institut Supérieur Agronomique et Vétérinaire « *Valéry Giscard d'Estaing* » de *Faranah*, 2004, République de Guinée, 43p.
- CASSMAN, K. G., KROPFF, M. J., GAUNT, J. et PENG, S., 1993.** Nitrogen use efficiency of irrigated rice: What are the key constraints? *Plant Soil*, 155/156: 359-362.
- CAZENEUVE P., MAHE Th., VERT J., 2010.** Ministère Français de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Pêche. Centre d'études et de prospective, 2010, France, 4p.
- CHAUDHARY R.C., NANDA J.S., TRAN D.V., 2003.** Guide d'identification des contraintes de terrain à la production de riz. Commission Internationale du riz. FAO 2003, Rome, Italie, 77p.
- CILSS/FAO/MA, 2012.** Rapport Conjoint pour l'évaluation finale de la campagne agricole en Guinée, 2012, Conakry, République de Guinée, 43p.
- CISSE D., 2011.** Evaluation des performances agronomiques du placement profond de l'urée en riziculture irriguée dans la vallée du Sourou au Burkina Faso, mémoire d'ingénieur en vulgarisation agricole, IDR 2011, Burkina Faso, 59p.

CNRADA, 2010 : Centre National de Recherche et de Développement Agronomique, Ministère du Développement Rural, République Islamique de Mauritanie, Nouakchott, 2010, 28p.

DIALLO T. A. et SUBSOL S., 2004. Note de capitalisation sur la filière riz en Guinée, Projet de dynamisation des filières vivrières, Service suivi-évaluation information communication, Bureau Central des Etudes et de la Planification Agricole, Ministère de l'agriculture et de l'élevage, Conakry, 2004, République de Guinée, 28p.

DNS, 2010. Direction Nationale des Statistiques, Ministère du Plan, Rapport national sur le recensement général de la population, Conakry, 2010, Guinée, 287p.

DOBERMANN J. P., 1976. Riziculture pratique. Riz pluvial. Tome II. Presses. U. France, 123p.

DUIVENBOODEN, N. VAN ; DE WIT, C.T. et VAN KEULEN, H., 1996. Nitrogen, phosphorus and potassium relations in five major cereals reviewed in respect to fertilizer recommendations using simulation modelling. Fertilizer Research 44 : 37-49.

FAO, 2007. Elaboration d'un programme d'assistance technique pour les pays de l'Afrique de l'ouest – rapport pays – République de Guinée, Conakry, 2007, 217p.

FAO, 2010a. Perspectives de récolte et situation alimentaire. Bulletin d'informations n° 4 décembre 2010, FAO, Rome, Italie, 40 p.

FAO, 2010b. Pour une agriculture intelligente face au climat, Politiques, pratiques et financement en matière de sécurité alimentaire, d'atténuation et d'adaptation, FAO, 2010. Rome, Italie, 55p.

FAO, 2011a. Suivi du marché de riz-Avril 2011, 4p.

FAO, 2011b. Annuaire statistique de la FAO (FAOSTAT).

FERTIAL, 2010. Manuel d'utilisation des engrais, Alger, Algérie, 100p.

FIDA, 2003. Rapport et recommandation du Président, conseil d administration, 78eme session, Rome, 31p.

GRET/FAMV, 2004. Manuel d'agronomie Tropicale - Exemples Appliquées a l'agriculture Haïtienne, France, 2004, 490p.

IFDC, 2003. Adapting Nutrient Management Technologies Project (ANMAT). A project supported by International Fund for Agricultural Development (IFAD), Rome, Italie, 2003, 5p.

IFDC, 2010. Fiche d'information, publication conjointe du Projet MIR Plus UEMOA-CEDEAO, mise en œuvre par l'IFDC, N°6, décembre 2010, IFDC, Ouagadougou, Burkina Faso, 1p

IFDC, 2011. Fiche d'information, publication conjointe du Projet MIR Plus et l'Initiative PPU/SAADA menée par le Programme de Gestion des Ressources Naturelles de l'IFDC. Fiche d'information, N°6, octobre 2011, IFDC, Ouagadougou, Burkina Faso, 4p.

LACHARME M., 2001a. Fascicule 2, Le plant de riz. Données morphologiques et cycle de la plante, « Mémento Technique de Riziculture », France, 2001, 22p.

LACHARME M., 2001b. Fascicule 6, la fertilisation minérale du riz, « Mémento Technique de Riziculture », France, 2001, 19p.

LACHERET C., 1995. Riziculture, évolution climatique et changement social. Riz et changement climatique, Rome, 1995, Italie.

LAMBONI. D., 2003. Approche participative et utilisation du logiciel QUEFT pour la gestion de la fertilité des sols, mémoire d'Ingénieur agronome, Université de Lomé, 2003, Togo 78p.

RABAT, 2003. Précis à l'usage des agents de vulgarisation agricole. Quatrième édition, Rabat, 2003, Royaume du Maroc, 77p.

LY B. T., SOUARE D., BAH E. S. et BAYO L., 2001. Analyse diagnostique de systèmes de production de riz en Guinée, Programme d'appui à la Sécurité Alimentaire (PASAL), Bureau Central d'Etudes et de la Planification Agricole, Conakry 2001, République de Guinée, 183p.

Mémento de l'agronome, 2010. Ministère de la coopération française, Paris, France, 1561 p.

Météo. Kindia, 2013. Service Régional de la Météorologie de Kindia, 2013, Guinée

Monographie nationale, 2000. Monographie nationale de l'horticulture, 2000, Conakry, République de Guinée, 237p.

PASSANDARAN E., GULTON B., SRI A. J., ASPARI H. et RI ROCHAYATI S., 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.

PNDA, 2007a. Politique Nationale de Développement Agricole, Volume 2 : Orientations et Axes Stratégiques, Ministère de l'Agriculture, Conakry, juillet 2007, République de Guinée, 59p.

PNDA, 2007b. Politique Nationale de Développement Agricole, Résumé exécutif, Ministère de l'Agriculture, Conakry, 2007, République de Guinée, 59p.

PNIA, 2010. Plan National d'Investissement Agricole 2010-2015, Ministère de l'Agriculture, Conakry, 2010, République de Guinée, 38p.

PNIA-SA, 2013. Plan National d'Investissement Agricole et de Sécurité Alimentaire 2013-2017, Ministère de l'Agriculture, Conakry, 2013, République de Guinée, 104p.

Problématique du riz en Guinée, 2006. Ministère de l'Agriculture, Conakry, 2006, République de Guinée, 18p.

SNDR, 2009. Stratégie Nationale de Développement de la Riziculture, Bureau de Stratégie et de Développement, Ministère de l'Agriculture, Conakry, 2009, République de Guinée, 24p.

SNSA, 2003. Service National des statistiques Agricoles, Rapport national, Conakry, 2010, République de Guinée, 11p.

SOKPOH, G., 1997. Impact de la dévaluation du franc CFA sur l'utilisation des engrais minéraux et nouvelles stratégies de fertilisation des sols au Togo, Mémoire d'Ingénieur Agronome, UBESA, Lomé, 93 p.

TRAORE M., 2009. Contribution de l'urée super granulée dans l'amélioration de la production du riz irrigué sur la plaine de Bagré au Burkina Faso, mémoire de diplôme d'ingénieur du développement rural, 2009, UPB, Burkina Faso, 64p.

YAMEOGO 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 d'ingénieur du développement rural. UPB, Burkina Faso , 60p.

YAMEOGO P. L., 2012. Placement profond de l'urée et amélioration de l'efficacité d'utilisation de l'azote en riziculture irriguée : Cas du périmètre rizicole de Karfiguéla au Burkina Faso. Mémoire de Diplôme d'Etudes Approfondies (DEA), 2012, UPB, Burkina Faso, 71p.

YOMBOUNO, A. et BAH S., 2012. VECO West Africa, Rapport synthèse étude de la filière riz en Guinée, Conakry, 2012, République de Guinée, 67p.

Webographie

www.faostat.fao.org, consulté le 19 avril 2013

http://issuu.com/ifdcinfo/docs/ifdcreportvol37no2_french, consulté le 17 novembre 2013

<http://link.springer.com/article/10.1023/A:1009705813669>, consulté le 3 décembre 2013

<http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>, consulté le 12/12/2013

<http://faostat.fao.org/DesktopDefault.aspx?PageID=567&lang=fr#ancor>, consulté le 10/12/2013

<http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>, consulté le 12/12/2013

ANNEXES

Annexe 1 : photos des différentes activités de la culture du riz



Photo 2 : repiquage du riz, (Bangoura, 2013)



Photo 3 : Placement des supers granules d'urée, (Bangoura, 2013)



Photo 4: application de l'urée ordinaire à la volée, (Bangoura, 2013)



Photo 5: Vue d'ensemble du champ expérimental, (Diallo, 2013)



Photo 6: Une parcelle fertilisée à l'urée super granulée (U2), (Diallo, 2013).

Annexe 2 : Variation des rendements paddy et paille en fonction du traitement.

Variables	Variétés	Modes de fertilisation			Pr > F	Signif.
		U0	U1	U2		
Rendement paddy (t/ha)	CK21	1,03 ^{bC}	2,88 ^{bB}	3,89 ^{cA}	<,0001	HS
	CK801	1,18 ^{abC}	3,47 ^{abB}	4,44 ^{bA}	<,0001	HS
	CK90	1,56 ^{aC}	3,57 ^{aB}	4,93 ^{aA}	<,0001	HS
	Pr > F	0,0738	0,0630	0,0004		
	Signif.	NS	NS	HS		
Rendement paille (t/ha)	CK21	2,17 ^{aC}	3,30 ^{aB}	4,00 ^{aA}	0,0012	HS
	CK801	2,17 ^{aC}	3,10 ^{aB}	3,63 ^{aA}	0,0011	HS
	CK90	2,27 ^{aC}	2,87 ^{aB}	3,86 ^{aA}	0,0014	HS
	Pr > F	0,8373	0,5327	0,5019		
	Signif.	NS	NS	NS		

Annexe 3 : Résultats d'analyse du sol

Référence	Profondeur cm	Granulométrie, %					Texture (FAO)	pH		MO %	C %	N total %	C/N	P ₂ O ₅ total mg/kg	P ₂ O ₅ assim mg/kg	CEC méq/100g de sol
		A	LF	LG	SF	SG		H ₂ O	KCl							
Domaine expérimental, bas-fond station Kilissi	0 - 30	26.20	-	10.0	6.0	57.00	LAS	5.3	4.7	2.75	1.59	0.13	12.2	0.08	3.2	8.8

N.B : LAS = limon argilo-sableux

Source : Service national des sols et du foncier rural (SENASOL-FR), 2013

Méthodes d'analyse

Granulométrie (5 fractions, %) : densimétrie et tamisage à l'eau ;

pH : Électrométrie ;

Carbone organique : Anne ;

Matière organique : Anne ;

Azote : Kjeldahl ;

Phosphore : Colorimétrie ;

Capacité d'Echange Cationique (CEC) : Kappen.

ECHELLE D'INTERPRETATION

Equilibre carbone – azote : C/N (Boyer, 1982):

C/N < 9 : la minéralisation très rapide MO ;

C/N, entre 9 et 12 : minéralisation normale MO ;

C/N entre 13 et 25 : les processus d'accumulation MO l'emportent sur la minéralisation;

C/N > 25 : l'arrêt de la minéralisation MO ;

Capacité d'échange cationique (CEC), (S.Bourgeois, 1982) :

< 2 méq/100g de sol : Très basse;

2 à 5 méq/100g de sol : Basse ;

5 à 10 méq/100g de sol : Moyenne ;

20 méq/100g de sol : Elevée ;

➤ 20 méq/100g de sol : très élevée.

Echelle du pH (S. Bourgeois, 1982):

< 4.5 ;très acide ;

4.5 à 5.5 : acide ;

5.5 à 6.5 : peu acide ;

6.5 à 7.5 : neutre ;

7.5 à 8.5 : Peu alcalin ;

Echelle du phosphore (Campagne HACH, 1993) :

0 à 5 ppm : très faible ;

6 à 12 : faible ;

13 à 25 : moyen ;

26 à 50 ppm : Fort ;

> 50 ppm : très fort.

Carbone organique (S.Bourgeois, 1982) :

< 0.080 : Basse ;

0.80 à 1.40 : Moyenne ;

> 1.40 : Elevée.

> 8.5 :alcalin.

Matière organique (S. Bourgeois, 1982) :

< 1 % : Faible ;

1 à 4 % : Moyenne ;

4 à 10 % : assez forte ;

10 à 20 % : forte ;

20 à 30 % : Très forte ;

➤ A 30% ! extrêmement forte.

Echelle de l'azote total (S. Bourgeois, 1982) :

< 0.1 % : Basse ;

0.10 à 0.15 : moyenne ;

> 0.15 : riche

Annexe 4 : données sur les paramètres agronomiques

Variétés	Trait	Rep	Haut. plants (cm)	Nbr.pani/m ²	Nbr.grain/pani	Nbr de talles/m ² 30JAR	Nbr de talles/m ² 60JAR	Stérilité (%)	Pds 1000 graines (g)	Rdmt paddy (t/ha)	Rdmt paille (t/ha)
CK90	U0	1	121,8	120	124,4	108	132	17	32,66	2,07	2,4
CK90	U0	2	122	84	123	84	84	16	34,67	1,82	2,6
CK90	U0	3	124,4	96	126,04	72	96	17	33,24	1,13	2,0
CK90	U0	4	121,8	96	122,75	96	108	17	31,53	1,22	2,1
CK90	U1	1	126,4	144	146,2	120	156	14	34,32	3,92	3,2
CK90	U1	2	116,6	108	145,33	84	108	12	33,62	3,56	2,9
CK90	U1	3	121,6	108	147,2	84	108	9	33,92	3,71	3,2
CK90	U1	4	122,8	120	147,25	132	132	9	33,08	3,11	2,2
CK90	U2	1	119,2	144	151,6	120	156	8	33,82	4,93	4,0

CK90	U2	2	118,6	132	151,06	108	132	8	34,87	5,27	4,4
CK90	U2	3	127,8	132	152,06	120	132	8	33,72	4,93	3,7
CK90	U2	4	126	144	152,6	144	168	6	34,42	4,60	3,3
CK801	U0	1	121,2	84	135,4	84	96	19	31,76	1,17	2,2
CK801	U0	2	129,2	72	137,02	84	96	20	34,08	1,44	2,3
CK801	U0	3	120,8	60	136	72	84	20	32,42	1,11	1,8
CK801	U0	4	117,6	84	135,92	60	96	18	31,08	1,00	2,4
CK801	U1	1	124,6	108	149	120	108	14	33,47	3,78	3,4
CK801	U1	2	120	96	150	96	108	11	33,30	3,78	3,3
CK801	U1	3	120	108	148	72	108	10	33,55	3,43	3,4
CK801	U1	4	127,6	108	151	132	144	9	32,75	2,90	2,3
CK801	U2	1	123	132	154	108	144	9	32,76	4,32	3,7
CK801	U2	2	129	132	154,01	120	144	8	33,56	4,39	3,9
CK801	U2	3	132	120	156	96	120	7	32,66	4,68	3,5
CK801	U2	4	128	144	155	144	180	7	33,86	4,39	3,4
CK21	U0	1	137,2	72	159,4	72	84	20	31,48	1,15	2
CK21	U0	2	126,3	72	160,6	84	96	18	33,26	1,05	2,5
CK21	U0	3	115,6	74	161	72	84	19	31,85	1,01	2,3
CK21	U0	4	125,4	73	160,2	96	96	20	30,44	0,89	1,9
CK21	U1	1	131	84	163,8	84	84	15	33,10	3,11	3,5
CK21	U1	2	128,6	84	163,99	96	108	14	29,76	2,57	3,7
CK21	U1	3	124,4	85	162,87	84	96	12	31,33	3,31	3,5
CK21	U1	4	134,8	96	164,08	108	132	11	32,01	2,57	2,5
CK21	U2	1	135,4	108	174,4	96	108	12	32,98	3,89	4,5
CK21	U2	2	128	120	174,45	120	132	11	31,65	4,21	4,5
CK21	U2	3	127,4	108	175,4	96	120	10	31,88	3,70	3,7
CK21	U2	4	141	108	174,78	120	132	9	32,98	3,78	3,4