



Available online at <http://www.ifgdg.org>

International Journal  
of Biological and  
Chemical Sciences

Int. J. Biol. Chem. Sci. 18(1): 54-68, February 2024

ISSN 1997-342X (Online), ISSN 1991-8631 (Print)

**Original Paper**

<http://ajol.info/index.php/ijbcs>

<http://indexmedicus.afro.who.int>

## Effet de la technique de placement profond de l'urée briquette (PPU) sur la productivité de riz de bas-fonds au Togo

Tighankoumi GMAKOUBA<sup>1,2\*</sup>, Agnassim BANITO<sup>2</sup>, Komlan SANDA<sup>2</sup> et  
Jean Mianikpo SOGBEDJI<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Institut Togolais de Recherche Agronomique, BP 1163, Lomé, Togo.

<sup>2</sup>Ecole Supérieure d'Agronomie, Université de Lomé, BP 1515, Lomé, Togo.

\*Auteur correspondant ; E-mail: [junior.itra@gmail.com](mailto:junior.itra@gmail.com); Tél. : +228 90 85 25 56

Received: 09-04-2018

Accepted: 26-01-2024

Published: 29-02-2024

### RESUME

La plupart des riziculteurs au Togo pratiquent l'épandage de l'urée à la volée sur leurs exploitations rizicoles. Cependant cette méthode est inefficace du fait de la perte de la majeure partie de l'azote apporté dans l'eau et dans volatilisation. La présente étude examine l'efficacité de la technique de PPU pour la production du riz de bas-fond. De façon spécifique, l'étude vise à évaluer l'effet de la technique PPU par rapport à la pratique conventionnelle sur la productivité de riz IR841 de bas-fond cultivée dans les périmètres rizicoles du Togo. L'expérimentation a été conduite à la Station d'Expérimentation Agronomique de Tchitchao de l'Ecole Supérieure d'Agronomie de l'Université de Lomé au Nord Togo, suivant un dispositif en blocs de Fischer à cinq répétitions. Deux traitements ont été mis en expérimentation ; T<sub>1</sub>: parcelle témoin (pratique paysanne où l'urée ordinaire est apportée à la volée), T<sub>2</sub>: parcelle PPU (urée briquette apportée selon la technologie placement en profondeur de l'urée briquette). Les paramètres de croissance et le rendement du riz ont été évalués. Il s'agit de : la hauteur de végétation (HV) mesurée sur pied, la biomasse sèche aérienne (BSA), la verdure des plants, le nombre de talles et de panicules par m<sup>2</sup> et le rendement en grains évalué par la méthode des carrés de rendement. Il est ressorti de cette étude que tous les huit paramètres mesurés ont été, à des degrés divers, affectés positivement par la technique de placement profond de l'urée. En effet, la technologie du PPU a permis d'obtenir un rendement surclassant celui du témoin traditionnel avec un taux d'augmentation en riz paddy de 20%. L'application de la PPU a favorisé une meilleure assimilation de l'azote uréique se traduisant par un gain de rendement en riz paddy.

© 2024 International Formulae Group. All rights reserved.

**Mots clés** : Placement Profond de l'Urée Briquette, Productivité, Riz de bas-fond, Togo.

## Effect of the Urea Deep Placement (UDP) technology on the productivity of rice on lowland in Togo

### ABSTRACT

Most of rice farmers in Togo applied urea by the fly method. However, this method is very inefficient due to losses of the nitrogen supply in the water and the air. This study was carried to investigate on the efficiency of the Urea Deep Placement (UDP) Technology on the rice production in the lowland area. Specifically, the study aims to assess the effect of the UDP Technology on the growth and yield components of

© 2024 International Formulae Group. All rights reserved.

DOI : <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v18i1.5>

6063-IJBCS

rice variety IR841 widely cultivated in Togo. The experiment design was randomized complete block design with five replications. Two treatments were tested: T<sub>1</sub>: ordinary technique practised by rice farmers and T<sub>2</sub>: UDP technology. Data were recorded on growth and yield components. The results revealed that the eight parameters assessed were positively affected by the Urea Deep Placement Technology. The Urea Deep Placement (UDP) have significantly ( $P < 0.0001$ ) induced higher plant height, number of tillers and panicle length compared with the ordinary practice. Also, mean yield of paddy rice recorded in the UDP technology treatments was significantly higher than the yield in the ordinary practice treatments ( $P < 0, 0001$ ). The rate of the increase of 20% in paddy rice was recorded in the UDP technology.

© 2024 International Formulae Group. All rights reserved.

**Keywords:** Urea Deep Placement, Productivity, lowland rice, Togo.

## INTRODUCTION

Le riz est l'une des principales cultures vivrières au Togo. Deuxième rang national après le maïs parmi les céréales, le riz occupe une place importante dans l'alimentation de la population togolaise. Par ailleurs, la modification intervenue dans la parité du franc CFA et le contexte économique actuel ont rendu la culture du riz financièrement plus attrayante (Dewa et al., 2011 ; Banito et al., 2012). Le riz fait partie intégrante des systèmes de production agricole en Afrique, où il est cultivé depuis plus de 3000 ans (Dewa et al., 2011; Banito et al., 2012 ; Saïdou et al., 2014). L'augmentation de la production rizicole mondiale pour approvisionner la population du globe à l'horizon 2020, requiert l'augmentation des rendements en lieu et place de l'augmentation des surfaces qui n'est plus une pratique viable à cause de la forte croissance démographique (Fagade, 2000 ; Saïdou et al 2014). Pour cela, l'accent doit être mis sur les facteurs de production (semences améliorées, engrais spécifiques et pesticides). Dans la majorité des pays producteurs de riz, le rapport entre le prix sur le marché international des engrais et celui du riz est élevé (Saïdou et al., 2014).

Contrairement aux pratiques agricoles en Asie, le riz, en Afrique, est en grande partie cultivé dans les conditions de riz pluvial. En Afrique Occidentale, cet écosystème constitue l'environnement de croissance le plus important, en termes de superficie (60%) et de production régionale (40%) (Fahe, 2007). Dans cet écosystème, plusieurs contraintes limitent la production et les rendements du riz. Au nombre de celles-ci, figurent la faible

fertilité des sols, la concurrence des adventices, l'incidence des maladies, l'attaque des parasites, les ravages des déprédateurs et surtout le stress hydrique lié aux caprices de la pluviométrie. (ADRAO, 2007 ; Fahe, 2007 ; Missihoun et al., 2012).

Le principal problème nutritionnel du riz dans les écosystèmes des zones humides et semi humides de l'Afrique de l'Ouest est caractérisé par les carences en azote et en phosphore (Sere et al., 2005; Saïdou et al., 2014). Une étude de caractérisation des stations pour la riziculture pluviale au Togo a montré également que l'azote est l'élément le plus limitant dans les systèmes de production rizicole (Atchade, 2006; Agbobli et al., 2007). Il devient ainsi impératif d'utiliser des engrais chimiques et spécialement les engrais azotés, pour espérer un rendement satisfaisant. La plupart des pays africains ne produisent pas d'intrants nécessaires à une agriculture durable et ne peuvent pas non plus financer leur importation (IFDC, 2012). En plus de ce problème économique, il existe d'autres problèmes agro écologiques associés à l'utilisation de l'engrais azoté pour l'augmentation et la durabilité de la production. La culture continue avec l'utilisation inappropriée d'engrais chimiques, notamment azotés, accroît le lessivage des éléments nutritifs, entraînant la dégradation de l'environnement et la contamination de la nappe phréatique. L'utilisation efficace de l'azote disponible dans le sol, la minimisation et l'optimisation des engrais azotés et une grande efficacité dans la transformation de l'azote par l'utilisation de cultivars efficaces dans l'utilisation de cet élément nutritif

constituent une solution probable à ces problèmes.

La production du riz au Togo est caractérisée par un faible niveau de productivité à cause du faible niveau d'utilisation des intrants d'une part, et de l'indisponibilité d'intrants spécifiques en particulier les engrais d'autre part. Au Togo, le système de culture de riz est essentiellement de bas-fonds, associé à une faible riziculture de plateau (Saïdou et Kossou, 2009 ; Totin et al., 2012) aux caractéristiques différentes avec pour conséquence des types et modes de fertilisations spécifiques. A cet effet, il est impérieux de mettre à la disposition des producteurs des engrais spécifiques adaptés à cet écosystème afin de réduire les pertes de nutriments surtout l'azote par volatilisation et lessivage de l'ammoniac d'une part, et d'accroître l'efficacité de l'utilisation des engrais d'autre part. C'est dans cette perspective que le Centre International pour le Développement des Engrais (IFDC) a entamé un processus d'apprentissage avec les riziculteurs dans les périmètres rizicoles du Togo sur l'application de la technique de placement profond de l'urée briquette. Cette technologie a été expérimentée puis introduit en Asie avec succès pour l'intensification de la production rizicole (Hussain et al., 2010). Cette forme d'engrais répond à la baisse du rendement des cultures au point où l'accès aux engrais spécifiques en riziculture de bas-fonds serait l'une des contraintes majeures à cette culture (IFDC, 2012 ; Totin et al., 2012). L'introduction des engrais super granulés s'inscrit bien dans la problématique de l'intensification de la production agricole dans les systèmes de production qui préoccupe l'IFDC. Le super granule d'urée est l'une des formes d'engrais azotés largement adoptées par les producteurs asiatiques (Hussain et al., 2010). Il peut être appliqué dans la zone racinaire du riz de 8 à 10 cm de profondeur du sol. Cette pratique réduit de 30% les pertes d'azote et augmente le taux de recouvrement de l'engrais tout en limitant la pollution des sols et des eaux et par conséquent, contribue à une augmentation du rendement de riz (IFDC, 2003; Chowdhury et al., 2009 ; Segda et al.,

2014). La présente étude se propose de tester l'efficacité de la technique de Placement Profond de l'Urée (PPU) super granule en riziculture de bas-fond au Togo. De façon spécifique, l'étude vise à évaluer l'effet de la technologie PPU sur les paramètres de croissance et le rendement en riz paddy de la variété de riz IR841.

## MATERIEL ET METHODES

### Site expérimental

L'expérimentation agronomique a été conduite à la Station de Recherche Agronomique de Tchitchao (SEAT), située à 11 Km au nord-ouest de Kara : 9°35' et 9°38' Nord de latitude et entre 1°05' et 1°08' Est de longitude. Son altitude est comprise entre 286 et 300 m.

La station jouit d'un climat tropical du type soudano-sahélien caractérisé par l'alternance de deux saisons contrastées. La saison des pluies s'étale d'avril à octobre avec des maxima de précipitations en août ou septembre suivant les années. La moyenne annuelle sur la période de l'expérimentation a été de l'ordre de 1209 mm. Les températures moyennes mensuelles de la région se situent entre 25 et 30 °C. De février jusqu'au début de la saison de pluies, les températures maximales prennent des valeurs supérieures à 39 °C. L'amplitude thermique reste la plupart du temps supérieure à 10 °C. L'humidité relative atteint ses valeurs minimales pendant les mois de janvier, février et mars tandis que ses valeurs maximales sont enregistrées pendant la saison de pluies (IFDC, 2012).

Les sols sont sableux, brun jaune, apparemment épuisés par une surexploitation agricole. Ils sont caillouteux, décapés par l'érosion et présentent des affleurements de roches ou de cuirasse sur pente et plateaux ; mais ils sont gris, argileux, compacts à caractère hydromorphe dans les dépressions. L'analyse granulométrique met en relief la discontinuité texturale observée sur le terrain. La texture légère sablo-limoneuse à limono-sableuse des couches superficielles et moyennes devient limono-argilo-sableuse en profondeur. Le taux d'argile est de 1,6% en surface et 35% en profondeur. La teneur en

limon varie entre 17 et 22%. Les teneurs en matière organique, en azote et en phosphore sont très faibles sur tout le profil. Le rapport C/N révèle une minéralisation progressive du peu de matière organique qui existe. Les réserves en bases échangeables sont très faibles dans les horizons superficiels où le complexe absorbant moyennement saturé en bases échangeables et une capacité d'échange faible à moyenne. Ils ont une teneur moyenne en calcium et forte en sodium. Le pH varie entre moyennement et fortement acide (IFDC, 2012). Les données physiques du site expérimental sont consignées dans le Tableau 1.

### Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé est la variété de riz IR841 très largement répandue dans les périmètres rizicoles du Togo. Elle a été sélectionnée par l'International Rice Research Institute (IRRI) et introduite au Togo en 1973. Elle est adaptée aussi bien en culture pluviale de bas-fonds qu'en culture irriguée et bien appréciée par les producteurs et les consommateurs pour l'arôme parfumée de son grain, sa résistance à la verse et pour son rendement élevé. Elle donne en condition irriguée un rendement moyen de 3,5 tonnes de riz blanc à l'hectare. Ses caractéristiques sont les suivants ; cycle semi – maturité : 120-130 jours, hauteur moyenne : 100 cm, aptitude au tallage : bonne, port : érigé, aristation du grain: barbu, longueur du grain vêtu : 8,5 mm, largeur du grain vêtu : 2,2 mm, poids de 1000 grains : 28 g, Rendement moyen : 3 – 4 t/ha, grain aromatique et bonne résistance à la verse (Agbobli et al., 2007).

### Fumures

Les fertilisants minéraux suivants ont été utilisés : l'urée ordinaire ou perlée (46% N) ; l'urée briquette (46% N) d'une masse moyenne unitaire de 2,7 g (Figure 1) ; le Triple Super Phosphate (TSP) dosant 46% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ; le chlorure de potassium (KCl) dosant 60% de K<sub>2</sub>O et le complexe NPK (15% N, 15% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 15% K<sub>2</sub>O).

### Formulation des traitements et dispositif expérimental

Les doses des fertilisants appliqués ont été déterminées sur la base des recommandations de fertilisation spécifiques aux écologies de culture de riz au Togo (Agbobli et al., 2007; IFDC, 2012) à savoir : 150 kg.ha<sup>-1</sup> de NPK (15-15-15) en fumure de fond et 50 kg.ha<sup>-1</sup> d'urée (46%) en couverture pour l'écologie pluviale ; 200 à 250 kg.ha<sup>-1</sup> de NPK (15-15-15) en fumure de fond et 100 kg.ha<sup>-1</sup> d'urée (46%) en couverture pour l'écologie de bas-fond et irriguée. En effet, dans le cadre de cette expérimentation, 200 kg.ha<sup>-1</sup> de NPK 15-15-15 ont été apportés en fumure de fond et 100 kg.ha<sup>-1</sup> d'urée appliqués en fumure d'entretien. Les traitements ont été constitués par les niveaux du facteur technique d'apport d'urée. Ainsi, les deux (02) traitements suivants ont été mis en expérimentation : traitement T<sub>1</sub>: parcelle témoin (urée ordinaire apportée à la volée) ; traitement T<sub>2</sub> : parcelle PPU (urée briquette apportée selon la technologie PPU). Les quantités d'engrais appliquées sur les parcelles T<sub>1</sub> ont été de : 200 kg de NPK (fumure de fond) et 100 kg d'urée perlée en couverture ; alors que les parcelles T<sub>2</sub> ont bénéficiées de l'apport de 165,30 kg d'urée super granule, 65,22 kg/ha de TSP et de 50 kg/ha de KCl. Les deux technologies (technologie PPU et mode ordinaire d'apport d'urée à la volée) ont été mises en essai comparatif dans un dispositif en blocs randomisés à 5 répétitions. Les parcelles élémentaires (casiers rizicoles) avaient une superficie de 25 m<sup>2</sup>. Les blocs étaient séparés par des allées de 2 m (Figure 2).

### Conduite de l'expérimentation

Les parcelles expérimentales ont été labourées au moyen d'un tracteur, planées manuellement avant de subir un hersage dix jours plus tard. Des diguettes ont été confectionnées pour permettre la rétention d'eau dans les casiers rizicoles. Ces diguettes permettent aussi de limiter les pertes de nutriment par ruissellement. La variété de riz IR841 a été multipliée en pépinière pendant trois semaines. Le repiquage des plants de riz

a été effectué 21 jours après la mise en place de la pépinière à raison de deux plants par poquet. Les écartements de repiquage étaient de 20 cm x 20 cm afin de favoriser l'application de l'urée super granulée selon les recommandations (IFDC, 2012 ; Yameogo et al., 2013 ; Saïdou et al., 2014). Sur les parcelles T<sub>1</sub>, 200 kg. ha<sup>-1</sup> d'engrais composé NPK (15-15-15) ont été apportés de façon homogène à la volée 15 jours après repiquage (JAR); l'urée ordinaire a été apportée à raison de 100 kg.ha<sup>-1</sup> au 45<sup>ème</sup> JAR. Par contre, les parcelles T<sub>2</sub> ont reçu l'apport du TSP et du KCl à la volée et de l'urée briquette placée à une profondeur à environ 10 cm au milieu d'une butte de riz constitué de 4 plants ; au 15<sup>ème</sup> JAR (Figures 3 et 4). L'entretien des parcelles expérimentales a consisté à des sarclages manuels au besoin jusqu'à la maturité physiologique du riz.

#### Collecte des données

Les trois paramètres évalués en cours de végétation ont été : la hauteur de végétation (HV), la biomasse sèche aérienne (BSA) et la verdure des plants (VP). Trois mesures ont été effectuées pour les deux premiers paramètres : au tallage (50 JAR), à l'initiation paniculaire (75 JAR) et à la maturité physiologique du riz. La verdure des plants a été mesurée au tallage (50 JAR) puis à l'initiation paniculaire (75 JAR). Les mesures de la hauteur de végétation (HV) ont été effectuées sur pied et sur un échantillon de 10 poquets choisis au hasard dans chaque parcelle élémentaire après élimination des plants de riz de bordure ; la valeur de ce paramètre correspond à la moyenne des hauteurs des 10 poquets. Après chaque mesure de la hauteur de végétation, les plants des 10 poquets concernés sont coupés au ras du sol puis ramenés au laboratoire pour être séchés à l'étuve à 80 °C pendant 72 heures et pesés ; la valeur de la biomasse sèche aérienne correspond au poids sec de l'échantillon. L'évaluation de la verdure des plants a été faite à l'aide d'un chlorophylle-

mètre dans le but de lier les lectures de l'appareil à la nutrition azotée des feuilles. Une mesure du taux de chlorophylle (en unité SPAD) permet donc d'apprécier la qualité de l'alimentation azotée des deux technologies. Sur chaque parcelle utile, la mesure a été prise sur 40 plants étiquetés à cet effet.

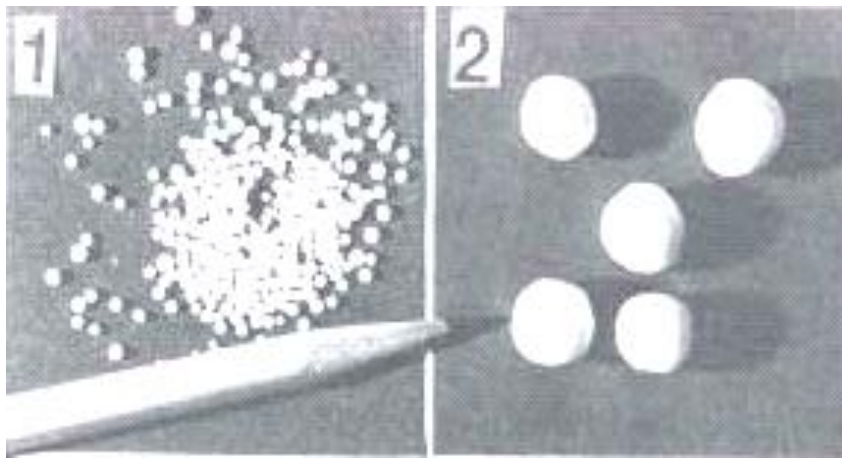
Le nombre moyen de talles par m<sup>2</sup> a été déterminé 90 JAR. Les parcelles se sont asséchées avant la récolte. Le riz a été récolté lorsque la majorité des grains (environ 80%) ont durci et ont pris une couleur jaune paille, les tiges étant encore partiellement vertes. Le taux d'humidité des grains variait alors entre 18 et 25%. Une récolte trop tardive favoriserait le clivage des grains et l'égrenage spontané au champ. La récolte a été faite manuellement à l'aide des faucilles en coupant les pailles à quelques centimètres du sol et à les entasser en gerbes. Quatre sous parcelles de 1 m<sup>2</sup> ont été récoltées sur les diagonales. Les panicules prélevées de ces échantillons récoltés, ont été égrenées après séchage par battage à l'aide d'une batteuse à pédale. Après battage, les grains ont été séchés et vannés. Le rendement en grains a été déterminé par la méthode des carrés de rendement. Le nombre de panicules par m<sup>2</sup>, la longueur des panicules et le nombre de grains par panicule ont été mesurés sur un échantillon de 25 poquets choisis au hasard. Le comptage des panicules, la mesure de leur longueur et le comptage du nombre de grains par panicule ont été effectués au laboratoire après la récolte.

#### Analyses statistiques

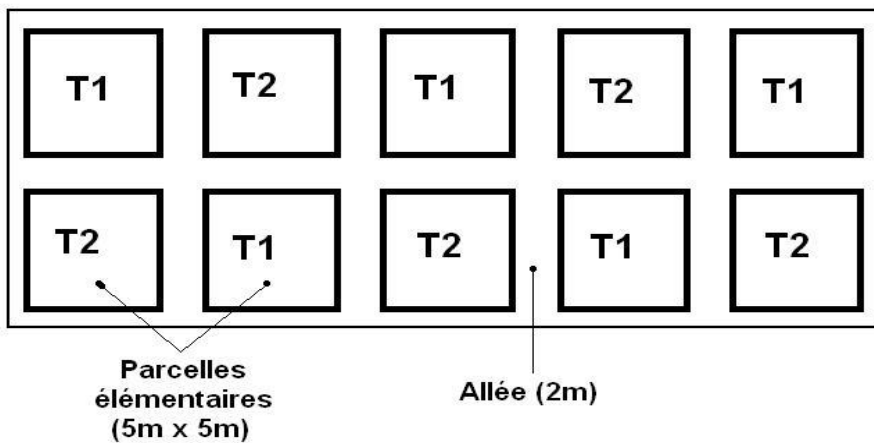
Les effets des deux technologies de fertilisation en riziculture de bas-fonds sur le rendement et ses composantes, ont été soumis à une analyse de variance (ANOVA) au seuil de 5%. Le test de Student Newman-Keuls a servi à la comparaison des moyennes (Gmakouba et al., 2018). Le logiciel Genstat Discovery version 4 a été utilisé pour l'analyse des données.

**Tableau 1** : Données physiques du site expérimental (IFDC, 2012).

Profondeur (cm)	Granulométrie (%)			Densité apparente (g/cm <sup>3</sup> )	Humidité pondérale (%)		Réserve utile (mm)
	Argile	Limon	Sable		PF <sub>2,5</sub>	PF <sub>4,2</sub>	
0-15	1,50	21,30	75,10	1,51	4,73	2,39	23,4
15-30	1,60	22,50	75,15	1,53	4,17	1,60	25,7
30-65	12,50	22,30	63,45	1,59	11,68	5,99	56,9



**Figure 1** : Formes de présentation de l'urée :  
(1) Urée ordinaire et (2) Urée Super granule (USG).



**Figure 2** : Schéma du dispositif expérimental.

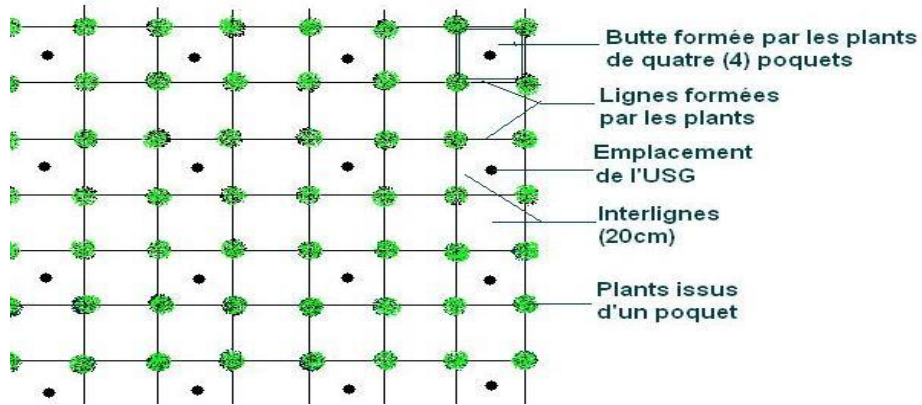


Figure 3 : Schéma montrant le placement de l'USG entre les plants de riz.



Figure 4 : Placement en profondeur de l'USG (sens de déplacement du placeur à droite).

## RESULTATS

### Effets de l'urée briquette sur la croissance et le développement des plants riz

La hauteur de végétation (HV), la verdure des plants (VP) et la biomasse sèche aérienne (BSA) du riz ont été affectées par la technique de placement profond de l'urée (PPU). En effet, l'analyse de variance a révélé des différences significatives entre les traitements à tous les stades de développement de la culture ( $p < 0,05$ ).

### Influence des traitements sur la hauteur de végétation (HV) du riz

Les résultats montrent une évolution remarquable des hauteurs des plants dans les deux traitements et une différence entre ces valeurs. Dans les parcelles ordinaires, la hauteur moyenne des plants est passée de 54,62 cm au 50 JAR à 84,40 cm à la maturité,

tandis qu'elle est passée de 63,82 cm au 50 JAR à 101,66 cm à la maturité pour les parcelles PPU. En effet, l'analyse de variance au seuil de 5% a montré une différence significative entre les traitements aussi bien au tallage (50 JAR), à l'initiation paniculaire (75 JAR) qu'à la maturité (Tableau 2). Les hauteurs les plus élevées sont obtenues sur les parcelles PPU avec des taux d'augmentation significatifs de 17%, 25% et 20%, respectivement au tallage, à l'initiation paniculaire et à la maturité par rapport aux parcelles ordinaires.

### Effet de l'urée briquette sur la verdure des plants (VP) de riz

La quantité de chlorophylle dans les feuilles a varié de 26,76 SPAD à 35,46 SPAD sur les parcelles ordinaires et de 40,44 SPAD à 38,38 SPAD sur les parcelles PPU

respectivement à 50 JAR et à 75 JAR ; ce qui dénote une bonne alimentation azotée des parcelles PPU. L'analyse de variance au seuil de 5% a révélé des différences significatives entre les traitements au tallage (50 JAS) et à l'initiation paniculaire (75 JAS) (Tableau 2).

#### **Effet de l'urée briquette sur la biomasse sèche aérienne (BSA) du riz**

Les résultats montrent une évolution positive de la biomasse sèche aérienne du tallage à la maturité dans les deux traitements et une différence entre ces valeurs. Dans les parcelles ordinaires, la biomasse sèche aérienne des plants est passée de 172,30 g au 50 JAR à 645,9 g à la maturité, alors que dans les parcelles PPU elle est passée de 229,80 g au 50 JAR à 818,10 g à la maturité. L'analyse de variance a révélé des différences significatives entre les traitements au tallage, à l'initiation paniculaire et à la maturité (Tableau 2).

#### **Effet de l'urée briquette sur le rendement du riz paddy et ses composantes**

Les composantes du rendement considérées dans cette étude ont été le nombre de talles par m<sup>2</sup>, le nombre de panicules par m<sup>2</sup>, la longueur des panicules et le nombre de grains par panicule. Les résultats des observations sur la productivité figurent au Tableau 6.

Le nombre de talles au mètre carré est partout supérieur à 700 pour cette écologie de bas-fond. Toutefois, certaines talles n'ont pas été productives. Une excellente vigueur des plantules a été observée sur les parcelles PPU. En revanche des plantules moins vigoureuses ont été observées avec la technique d'épandage d'urée à la volée. Ces résultats montrent une augmentation significative du nombre de talles au m<sup>2</sup> sur les parcelles PPU avec une différence de plus de 100 talles par rapport aux parcelles ordinaires. L'analyse de variance a révélé une différence significative entre les parcelles PPU et celles ordinaires avec un taux d'augmentation du nombre de talles de 15% au niveau des parcelles PPU (Tableau 3). Cette augmentation sensible du nombre de talle sur les parcelles PPU explique

la quantité élevée de biomasse obtenue sur ces parcelles. Pendant le tallage, l'azote (apport d'urée) a une importance primordiale. Ces résultats résultent d'une meilleure efficacité de l'assimilation de l'azote du fait de la méthode de placement précis propre à la PPU. L'azote, cet élément nutritif essentiel, a été absorbé plus directement par les plants de riz lors de la dissolution progressive des briquettes d'urée.

Le nombre moyen des panicules par m<sup>2</sup> est plus élevé sur les parcelles PPU (810,42 panicules/m<sup>2</sup>) que sur les parcelles ordinaires (703,72 panicules/m<sup>2</sup>) (Tableau 6), avec un taux d'augmentation significatif de 15%. En effet, l'analyse de variance a montré une différence significative entre les traitements quant à ce paramètre (Tableau 3).

La longueur des panicules oscille entre 22,64 et 32,26 cm pour l'ensemble des traitements. La longueur moyenne des panicules obtenue est de 22,64 cm sur les parcelles ordinaires et de 32,26 cm sur les parcelles PPU (Tableau 3). L'analyse de variance a révélé des différences significatives entre les technologies testées (Tableau 3). Les plants issus des parcelles PPU (T<sub>2</sub>) produisent des panicules de longueur supérieure à celles des parcelles ordinaires.

Les résultats indiquent que le nombre moyen de grains obtenus par panicule est de 209,70 sur les parcelles ordinaires et de 227,34 sur les parcelles PPU. Cette différence du nombre de grains par panicule s'est révélée significative après analyse de la variance au seuil de 5%. La technique PPU induit donc une productivité paniculaire significativement supérieure à celle de la pratique ordinaire.

Un rendement moyen de 5156,46 kg.ha<sup>-1</sup> est obtenu sur les parcelles ordinaires tandis que sur les parcelles PPU, il est de 6152,50 kg.ha<sup>-1</sup> soit un taux d'augmentation de 20% sur la parcelle PPU (Tableau 3). L'analyse de la variance a indiqué que la différence de rendement observée entre la technique PPU et la pratique ordinaire est significative au seuil de 5%. La technique PPU a donc un effet positif significativement supérieure à celui de la pratique ordinaire.



**Tableau 2** : Effet de l'urée briquette sur la croissance et le développement des plants de riz.

Traitement	Hauteur de végétation (cm)			Biomasse (g.m <sup>-2</sup> )			Verdure des plants (SPAD)	
	50 JAR	75 JAR	Maturité	50 JAR	50 JAR	Maturité	50 JAR	75 JAR
T <sub>1</sub>	54,62±1,33a	73,22±1,20c	84,40±2,50i	172,30±4,12k	261,60±4,75m	645,90±3,40s	26,76±1,58g	35,46±2,10e
T <sub>2</sub>	63,82±2,55b	91,56±4,45d	101,66±5,65j	229,81±5,35l	480,90±5,85n	818,10±4,58t	40,44±6,50h	38,38±4,75f
Moyenne	59,23	82,39	93,03	201,05	371,25	732	33,60	36,92
CV (%)	2,21	3,85	3,31	4,04	3,26	1,93	4,95	3,25
PPDS	2,29	11,17	12,04	14,27	21,25	24,84	2,91	2,1
Signification F	S	S	S	S	S	S	S	S

Au sein d'une même colonne, les chiffres affectés par les mêmes lettres sont statistiquement équivalents selon le test SNK ; S : significatif au seuil de 5%. T<sub>1</sub> : T<sub>1</sub> : Pratique ordinaire ; T<sub>2</sub> : Technologie de PPU ; JAR : Jour Après Repiquage

**Tableau 3** : Rendement en kg.ha<sup>-1</sup> et moyennes des composantes de rendement observés sur les parcelles ordinaires et les parcelles PPU.

Traitement	Nombre de talles par m <sup>2</sup>	Nombre de panicule par m <sup>2</sup>	Nombre de grains par panicule	Longueur d'une panicule (cm)	Rendement du riz paddy (kg .ha <sup>-1</sup> )
T <sub>1</sub> :	713,00 ± 3,68a	703,71 ± 2,33c	209,70 ± 4,60 e	22,64 ± 2,59g	5156,46 ± 5,25i
T <sub>2</sub> :	816,00 ± 5,50b	810,42 ± 4,55d	227,34 ± 7,50f	32,36 ± 3,57h	6152,50 ± 8,40j
Moyenne	764,50	757,06	218,52	27,50	5654,48
CV %	3,47	3,49	1,9	4,37	1,57
PPDS	46,57	46,45	19,05	1,60	155,89
Signification du F de Fischer	S	S	S	S	S

Au sein d'une même colonne, toutes les moyennes suivies de mêmes lettres ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 % . ; S : significatif au seuil de 5% ; T<sub>1</sub> : Pratique ordinaire ; T<sub>2</sub> Technologie PPU ; F : F de Fischer issu de l'analyse de variance ; JAR : Jour Après Repiquage.

## DISCUSSION

### Effets de l'urée briquette sur la croissance et le développement des plants de riz

La technique PPU a induit des hauteurs des plants, de production de talles et de grains par panicule significativement plus élevées comparativement à la pratique courante des riziculteurs en zone de bas-fonds. Ces résultats témoignent de la nette importance de l'apport de l'urée sous la forme super granulée à la culture de riz de bas-fond en raison de la présence permanente de l'eau dans le milieu. L'effet positif de l'urée briquette au tallage et à l'initiation paniculaire du riz s'explique par le fait qu'à ces stades, la culture a besoin de beaucoup plus d'azote et d'espace pour croître. L'urée briquette lors de sa dissolution progressive a amélioré la disponibilité de l'azote aux plants de riz, ce qui explique le fait que les hauteurs les plus élevées soient obtenues sur les parcelles PPU. L'effet négatif induit par l'apport de l'urée perlée s'expliquerait par l'indisponibilité de l'azote dans le sol qui se serait probablement volatilisé sous la forme  $\text{NH}_3$  juste après l'application. L'application de l'urée perlée à la volée occasionnerait des pertes d'azote sous forme de composés gazeux ou par ruissellement et les mauvaises herbes, qui croissent plus rapidement que le riz, détourneraient une bonne partie de cet engrais pour leur développement, limitant ainsi la croissance de la culture principale qu'est le riz dans les parcelles traditionnelles. Selon la FAO (2011), la quantité d'azote disponible dans le sol est prélevée par la végétation ou perdue soit par lessivage ou soit par volatilisation. Ces résultats sont similaires à ceux obtenus par Yaosse (2009) dans la vallée du Zio où l'application méticuleuse de l'urée briquette a affecté positivement la hauteur des plants. Yaosse dans ses travaux a trouvé que les hauteurs les plus élevées étaient obtenues sur les parcelles PPU avec des taux d'augmentation de 24% et 12% sur les sols sableux, 17% et 9% sur les sols limoneux et de 17% et 5% sur les sols argileux respectivement à 45 JAR et à 70 JAR. Cet

effet dépressif de la technologie courante peut également relever du mode d'épandage à la volée lequel contribue fortement à la perte des nutriments dans le cas de l'azote en milieu humide (Saïdou et Kossou, 2009 ; Yameogo et al., 2013 ; Saïdou et al., 2014). L'idéal étant de distribuer le plus uniformément possible l'engrais aux plants après avoir effectué un drainage de l'eau des casiers rizicoles afin d'éviter les pertes. Dans ce contexte d'une application à la volée des engrais minéraux sous la forme de fumure de couverture, le gaspillage est plausible, car les engrais tombés entre les lignes et entre les pieds, profiteraient plus aux adventices qu'à la culture principale qui subirait une carence accrue. De plus, l'épandage à la volée engendre de faible recouvrement de l'azote (Bandaogo, 2010). Selon le même auteur, ces méthodes sont inefficaces sur le plan agronomique et économique et nuisent à l'environnement. Les performances agronomiques induites par la forme super granulée de l'urée témoignent de l'adéquation de cet apport avec les conditions de bon développement des plants de riz ; ce qui explique le grand nombre de talles et de grains par panicule. De plus, cette technologie a graduellement libérée l'azote qui assure l'évolution des différentes phases de croissance et développement de la plante, conférant ainsi, les résultats meilleurs observés. Ces résultats corroborent ceux d'IFDC (2011) qui ont trouvé que l'azote doit être mis à la disposition de la plante à une vitesse qui est égale à celle avec laquelle la plante absorbe cet élément. Bien de travaux ont montré que le placement profond de l'urée super granulée comporte de nombreux avantages agronomiques et socioéconomiques (IFDC, 2003 ; IFDC, 2009 ; Traoré, 2009 ; Yameogo et al., 2013 ; Saïdou et al., 2014 ; Segda et al., 2014 ; Rahman et al., 2016). Les travaux de l'IFDC (2011), Yameogo et al. (2013) et de Saïdou et al., 2014 ont prouvé que l'efficacité de l'azote peut être nettement améliorée à travers le placement profond de l'urée. En effet, cette technologie entraîne une utilisation efficiente de l'azote en le gardant

plus dans le sol, hors de l'eau de surface où il est susceptible de se perdre sous forme gazeuse ou par percolation ou encore par écoulement (Traoré, 2009 ; Yameogo et al., 2013).

Au tallage comme à l'initiation paniculaire, les plants des parcelles PPU ont présenté une verdure significativement supérieure à celle des plants des parcelles ordinaires. En effet, on a observé un taux d'augmentation chlorophyllien de 51% au tallage et de 8% à l'initiation paniculaire chez les plants des parcelles PPU par rapport aux plants des parcelles ordinaires. L'effet très prononcé de l'urée briquette au tallage est dû au fait qu'à ce stade, la culture a besoin de beaucoup plus d'azote pour synthétiser la chlorophylle. La réduction de l'écart constaté à l'initiation paniculaire serait due à l'apport de l'urée ordinaire au 50 JAR sur les parcelles ordinaires. Toutefois, les parcelles PPU sont restées verdoyantes et sont mieux alimentées en azote que les parcelles ordinaires, le taux d'augmentation de la chlorophylle étant toujours positif à l'initiation paniculaire. Ces résultats soutiennent ceux obtenus par Yaosse (2009) dans la vallée du Zio, qui a trouvé que l'urée briquette a un effet positif et significatif sur la verdure des plants de riz au 45 JAR et 70 JAR quel que soit le type de sol.

La technique de placement profond de l'urée briquette (PPU) a aussi induit une augmentation sensible de la biomasse à la récolte par rapport à la pratique ordinaire. Les taux d'augmentation de cette biomasse ont été 33,37%, 83,83% et 26,66%, respectivement au tallage, à l'initiation paniculaire et à la maturité. Comme dans le cas de la hauteur de végétation, les biomasses sèches aériennes du riz les plus élevées, tous stades confondus, sont obtenues sur les parcelles PPU. Les pertes d'azote sous forme de composés gazeux ou par ruissellement, la concurrence des mauvaises herbes vis-à-vis des nutriments et de l'espace destiné au riz, expliqueraient également les réductions de la biomasse sèche aérienne du riz sur les parcelles traditionnelles. Les effets très

prononcés de l'urée briquette au tallage et à l'initiation paniculaire sont dus au fait qu'à ces deux stades, la culture a besoin de beaucoup d'azote pour synthétiser sa matière sèche. Le métabolisme de la plante dépend, à chaque phase de son cycle, des conditions de température et d'humidité mais aussi d'une bonne alimentation hydrique et minérale de la plante, d'une faible concurrence des mauvaises herbes adventices et d'un état sanitaire satisfaisant. Plus ce métabolisme sera important, plus le rendement final sera élevé. La biomasse élevée dans les parcelles PPU serait due à l'amélioration du métabolisme des plants de riz par la technique PPU ; métabolisme qui s'est traduit par l'augmentation significative du taux de chlorophylle chez les plants de ces parcelles par rapport aux plants des parcelles ordinaires. Par ailleurs, le faible enherbement constaté sur les parcelles PPU aurait limité la concurrence des mauvaises herbes vis-à-vis des nutriments et favoriserait le développement des plants dans ces parcelles.

#### **Effet de l'urée briquette sur le rendement du riz paddy et ses composantes**

Il ressort des résultats de la présente étude que, l'application de la technique PPU a beaucoup plus induit une augmentation des rendements en grains de riz paddy et en paille comparativement à l'application des engrais perlés. Les plants issus des parcelles PPU produisent des panicules de longueur supérieure à celles des parcelles ordinaires. Les parcelles PPU produisent des panicules longues et les parcelles ordinaires des panicules moyennement longues. La croissance significative des panicules des parcelles PPU par rapport aux parcelles ordinaires est la conséquence de la croissance végétative générale des plants observés sur ces parcelles PPU.

La technologie PPU a induit une différence significative entre les parcelles PPU et celles ordinaires avec un taux d'augmentation du nombre de talles de 15% au niveau des parcelles PPU. Cette

augmentation sensible du nombre de talle sur les parcelles PPU explique la quantité élevée de biomasse obtenue sur ces parcelles. Pendant le tallage, l'azote (apport d'urée) a une importance primordiale. Ces résultats proviennent d'une meilleure efficacité de l'assimilation de l'azote du fait de la méthode de placement précis propre à la technique de placement profond de l'urée briquette. L'azote, cet élément nutritif essentiel, a été absorbé plus directement par les plants de riz lors de la dissolution progressive des briquettes d'urée. La technologie PPU a considérablement induit un bon développement des plants de riz. On pourrait recommander ces formes d'engrais pour accroître la production du nombre de talles du riz élément précurseur du rendement grain et paille.

La technique PPU a eu un effet positif significativement supérieure à celui de la pratique ordinaire pour le rendement en riz paddy. Cette augmentation significative du rendement en riz paddy sur les parcelles PPU résulte de l'effet positif et significatif qu'a induit cette technique sur les paramètres de croissance végétative et de rendement tels que le tallage, le nombre de panicule au m<sup>2</sup> et le nombre de grains par panicule. L'effet réduit de l'urée ordinaire sur le rendement s'explique par le fait que cette pratique génère un nombre de panicules par m<sup>2</sup> très faible. Cette faiblesse de l'épiaison est-elle même due au moindre tallage, les adventices ayant détourné une partie des nutriments nécessaires à la synthèse de la matière sèche. En effet, les pertes en azote par volatilisation et par nitrification/dénitrification sont réduites avec l'utilisation des engrais azotés super granulés (Yameogo et al., 2013 ; Saidou et al., 2014 ; Rahman et al., 2016). De plus, l'urée super granulée est apportée à une surface très réduite du sol. Ainsi, lors de l'hydrolyse, les ions ammoniums se fixent progressivement sur les colloïdes du sol, ce qui réduit les pertes par volatilisation. Or, avec l'urée perlée, les pertes sont souvent très énormes et peuvent atteindre 60 à 70% (IFDC, 2011 ; Segda et al.,

2014). A ces pertes énormes s'ajoute le manque de synchronisation entre l'offre et la demande en nutriments surtout l'azote (Segda et al., 2004 ; 2005) en ce sens que, l'urée simple après hydrolyse, diffuse rapidement en 3 à 4 jours. Cet azote libéré ne peut donc pas satisfaire tous les besoins de la plante qui sont étalés dans le temps (Elalaoui, 2007) raison pour laquelle il est recommandé de procéder à un fractionnement de l'apport pour les céréales. Yaosse (2009) a trouvé dans la vallée du Zio que la pratique de la technique PPU augmente les rendements du riz paddy sur les sols sableux, limoneux et argileux respectivement de 9,15%, 8,64% et 7,04%.

L'importance de l'utilisation du super granule d'urée dans l'amélioration de la nutrition minérale et la productivité du riz s'est fait alors ressentir avec un accroissement du gain de rendement tel qu'observé dans la présente étude. Ces résultats obtenus sont en conformité avec ceux obtenus par Bandaogo (2010) pour lesquels l'urée super granulée a été plus productive que l'urée ordinaire dont le gain en rendement était supérieur de 1 t/ha. Selon la FAO (2011), l'utilisation de l'urée super granulée provoque une augmentation du rendement paddy de 15 à 25% comparativement à l'urée perlée. Cette différence de rendements a été également obtenue dans la présente étude et observée dans de nombreux pays d'Afrique où les performances de l'urée super granulée ont été toujours nettement supérieures à celle de l'urée perlée (Chowdhury et al., 2009 ; Bandaogo, 2010 ; Yameogo et al., 2013). Des observations similaires ont été faites sur d'autres cultures comme le chou où les rendements induits par l'urée super granulée sont nettement supérieurs à ceux de l'urée perlée (Hussain et al., 2010). Des travaux réalisés par l'IFDC (2003) sur l'utilisation de l'urée super granulée il ressort que, cette technologie entraîne une augmentation du rendement de 1,2 t/ha de paddy en moyenne. Ces différentes observations corroborent nos résultats au niveau des deux sites avec les deux variétés cultivées.

## Conclusion

Le présent travail s'est fixé pour objectif de tester l'efficacité de la technique de placement profond de l'urée briquette (PPU) par rapport au mode d'épandage d'urée ordinaire à la volée sur les performances agronomiques du riz de bas-fond au Nord Togo. La hauteur de végétation, la biomasse sèche aérienne, la verdure des plants, le nombre de talles au m<sup>2</sup>, le nombre de panicules au m<sup>2</sup>, la longueur des panicules, la productivité paniculaire et le rendement en riz paddy ont servis de critères de comparaison. Il ressort de cette étude que la technologie PPU a induit de meilleures performances agronomiques comparativement à la technique d'épandage d'urée ordinaire à la volée. L'urée briquette a des effets positifs significativement supérieurs à ceux de l'épandage d'urée perlée à la volée sur le plan agronomique. En effet, pour tous les paramètres mesurés, la technologie PPU s'est révélée significativement plus efficace que l'application traditionnelle. L'application de la technologie PPU a favorisé une meilleure assimilation de l'azote uréique se traduisant par un gain de rendement de 20% par rapport au témoin. Un accent particulier devra être mis sur la granulation de l'urée dans le cadre de la formulation des engrais pour la production du riz de bas-fonds en général. A cet effet, les producteurs de riz du Togo en zone de bas-fonds gagneraient sur le plan financier en utilisant l'urée sous la forme super granulée. Cette technologie permettrait de réduire les quantités d'engrais actuellement utilisées dans la zone et d'accroître l'efficacité de l'utilisation de l'azote et le niveau de rendement de la culture du riz.

## RÉFÉRENCES

ADRAO. 2007. *Tendances rizicoles en Afrique: Vue d'ensemble sur l'évolution du secteur rizicole en Afrique Subsaharienne*. Synthèse du Centre du riz pour l'Afrique. ADRAO. Cotonou, Bénin, p.10.

- Agbobli C, Adomefa K, Labare K. 2007. *Situation de référence sur les principales céréales cultivées au Togo : Maïs-Riz-Sorgho-Mil*. ITRA. Lomé, Togo, p.107.
- Atchade S. 2006. Caractérisation des stations pour la riziculture pluviale au Sud Bénin : cas d'IITA (Godomey), Niaouli et Bohican. DEA Université d'Abomey Calavi, p.115.
- Bandaogo AA. 2010. Effet de différentes sources d'azote sur la réponse de quatre variétés de riz à l'azote dans la Vallée du Kou au Burkina Faso. Mémoire du Diplôme d'Etudes Approfondies (DEA), Institut du Développement Rural, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, Burkina- Faso, p.45.
- Banito A, Kadai EA, Onasanya A, SereY. 2012. Evaluation of rice genotype to bacterial blight in Togo. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **6**(4): 1548-1556. DOI: <http://dx.doi.org/10.3923/ijbc.2012.1548.1556>.
- Banito A, Kadai EA, Onasanya A, SereY. 2012. Pathogenic diversity of *Xanthomonas oryzae* pv. *Oryzae* isolates in Togo. *Trends in Applied Sciences Research*, **7**(9): 768-776. DOI: <http://dx.doi.org/10.3923/tasa.2012.768.776>.
- Chowdhury AKMSH, Kabir MH, Sarkar MA. 2009. Effect of urea super granules, prilled urea and poultry manure on the yield of transplant Aman rice varieties. *Bangladesh Agricultural University*, **7**(2): 259-263. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/jab.v70i1.98749>.
- Dewa KMK, Banito A, Onasanya A, Kpemoua KE, Sere Y. 2011. Rice bacterial blight in Togo. Importance of the disease and virulence of the pathogen. *Current Research in Bacteriology*, **4**(3): 94-100. DOI: <http://dx.doi.org/10.3923/crb.2011.94.100>.
- Elalaoui CA. 2007. Fertilisation minérale des cultures : les éléments fertilisants

- majeurs (azote, phosphore, potassium). Bulletin mensuel d'information et de liaison du PNTTA, Transfert de Technologie en Agriculture N°155. Ministère de l'Agriculture et de la Pêche Maritime, Royaume du Maroc, p.4.
- Fagade SO. 2000. *Yield Gaps and Productivity Decline in Rice Production in Nigeria*. FAO, Ed. : Rome, Italie ; pp. 15–37.
- Fahe, 2007. Effets de la dose d'application d'azote et de la variété de riz sur la dynamique de l'azote et le rendement du riz en riziculture pluviale au sud Bénin, Mémoire d'Ingénieur Agronome, Université de Lomé, Togo, p.79.
- FAO, 2011. *Produire plus avec moins d'Intrant. Guide à l'Intention des Décideurs sur l'Intensification Durable de l'Agriculture Paysanne*. FAO, Ed.: Rome, Italie; p.12.
- Gmakouba T, Koussao S, Traore ER, Kpemoua KE, Zongo JD. 2018. Analyse de la diversité agromorphologique d'une collection de manioc (*Manihot esculenta* Crantz) du Burkina Faso. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **12**(1): 402-421. DOI : <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v12i1.32>
- Hussain MJ, Alim Y, Rahman MA, Quayyum A, Choudury DA, 2010. Effect of urea super granule on the performance of cabbage in young Jamuna and Brahmaputra floodplain soils of Tangail. *Bangladesh Journal of Agricultural Research*, **35**(2): 267-272.
- IFDC, 2003. More rice with reduced loss of urea. An International Fertilizer Development Center project to improve fertilizer nitrogen efficiency for rice production. IFDC. Lomé, Togo. p.11.
- IFDC, 2009. An uptake on the work and progress at IFDC. International Fertilizer Development Center. Lomé, Togo. p.12.
- IFDC, 2011. La technologie du Placement Profond de l'Urée peut contribuer de manière significative à la réalisation de l'autosuffisance en riz en Afrique de l'Ouest. Projet MIR Plus et l'Initiative PPU/SAADA. International Fertilizer Development Center. Lomé, Togo. p.4.
- IFDC, 2012. Gestion intégrée du riz irrigué. International Fertilizer Development Center. Kigali, Rawanda. p.10.
- Missihoun A, Agbangla C, Adoukounou-Sagbadja H, Ahanhanzo C, Vodouhè R. 2012. Gestion traditionnelle et statut des ressources génétiques du Sorgho (*Sorghum Bicolor* L. Moench) au Nord ouest du Bénin. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **6**(3): 1003-1018. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v6i3.8>
- Rahman MM, Samanta SC, Rachid MH, Abuyusuf M, Hassan MZ, Sukhi KFN. 2016. Urea super granule and NPK briquette on growth and yield of different varieties of Aus rice in Tidal ecosystem. *Asian Journal of Crop Science*, **8**(1): 1-12. DOI: <http://dx.doi.org/10.3923/ajcs.2016.1.12>.
- Saidou A, Kossou D, 2009. Water management for enhancing land productivity in Benin: perceived constraints and opportunities for the development of smallholder farmers. In: A. van Huis and A. Youdeowei (eds). Proceedings of the 1st CoS-SIS International Conference, 22– 26 June, Elmina, Ghana, pp. 48–52.
- Saidou A, Gnakenou KD, Balogoun I, Houannahin S R, Kindimihou MV. 2014. Effet de l'urée et du NPK perlés et super granulés sur la productivité des variétés de riz IR841 et NERICA-L14 au Sud-Bénin. *J. Appl. Biosci.*, **77**(1): 6575-6589. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/jab.v77i1.13>.
- Segda Z, Haefele SM, Wopereis MCS, Sedogo MP, Guindo S. 2004. Agro-economic characterization of rice production in a typical irrigation scheme in Burkina Faso. *Agronomy Journal*, **96**(5): 1314-1322. DOI: <http://dx.doi.org/10.2134/agronj2004.1314>.
- Segda Z, Haefele SM, Wopereis MCS, Sedogo MP, Guindo S. 2005. Combining

- field and simulation studies to improve fertilizer recommendations for irrigated rice in Burkina Faso. *Agronomy Journal*, **97**: 1429-1437. DOI: <http://dx.doi.org/10.2134/agronj2004.0275>.
- Segda Z, Yameogo PL, Mando A, Kazuki S, Wopereis MCS, Sedogo MP. 2014. Le phosphore limite-t-il la production intensive du riz dans la plaine de Bagré au Burkina Faso ? *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **8(6)**: 2866-2878. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v8i6.43>.
- Sere Y, Onasanya A, Verdier V, Akator K, Ouedraogo LS, Segda Z, Coulibaly MM, Sido AY, Basso A. 2005. Rice bacterial leaf blight in West Africa: Preliminary studies on disease in farmers' fields and screening released varieties for resistance to the bacteria. *Asian Journal of Plant Sciences*, **4(6)**: 577-579. DOI: <http://dx.doi.org/10.3923/ajps.2005.577.579>.
- Totin E, Van-Mierlo B, Saïdou A, Mongbo R, Agbossou E, Stroosnijder L, Leeuwis C. 2012. Barriers and opportunities for innovation in rice production in the inland valleys of Bénin. *NJAS – Wageningen Journal of Life Sciences*, **60-63**: 57-66. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.njas.2012.06.001>
- Traoré 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 d'Ingénieur de Développement rural. Université de Bobo Dioulasso, Burkina Faso.p.64.
- Yameogo L, Zegda Z, Dakouo D, Sedogo MP. 2013. Placement profond de l'Urée (PPU) et amélioration de l'efficacité d'utilisation de l'azote en riziculture dans le périmètre rizicole de karfiguela au Burkina Faso. *Journal of Applied Biosciences*, **70(1)**: 5523-5530. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/jab.v70i1.98749>.
- Yaosse G. 2009. Test de l'efficacité de l'UDP sur le périmètre irrigué de la vallée du Zio. Mémoire d'Ingénieur Agronome, option production végétale, ESA/ UL, p.62.