



Rentabilité agro-économique d'un supplément d'engrais minéral sur la variété de riz FKR84, dans le périmètre rizicole de Sindou à l'Ouest du Burkina Faso

Jacques O. KISSOU^{1*}, Poulouma Louis YAMEOGO², Élie S.G. SAURET³,
Idriss SERME⁴ et Kalifa COULIBALY⁵

¹Laboratoire d'Etude et de Recherche sur la Fertilité du sol, Université Nazi BONI, 01 BP : 1091
Bobo-Dioulasso 01, Burkina Faso.

²Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles/ Farako-Bâ (INERA/ Farako-Bâ), 01 BP: 910,
Bobo-Dioulasso 01, Burkina Faso.

³Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles/ Farako-Bâ (INERA/GRN/ Farako-Bâ), 01 BP: 910,
Bobo-Dioulasso 01, Burkina Faso.

⁴Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles/ Kamboisin (INERA/Kamboisin).

⁵Laboratoire d'Etude et de Recherche sur la Fertilité du Sol, Université Nazi BONI, 01 BP : 1091
Bobo-Dioulasso 01, Burkina Faso.

*Auteur correspondant, E-mail : jacques_kissou@yahoo.fr; Tel : +22670408632/7635733.

REMERCIEMENTS

Ce travail a pu être réalisé grâce à l'appui financier du projet WAGRINOVA, l'appui technique de l'INERA, de l'UPB, partenaires auxquels nous exprimons toute notre reconnaissance.

Received: 10-06-2024

Accepted: 18-09-2024

Published: 31-10-2024

RESUME

L'étude a été initiée pour améliorer la rentabilité économique des engrais dans un contexte d'appauvrissement continu des sols dans le périmètre rizicole de Sindou à l'Ouest du Burkina Faso. Ainsi, l'efficacité des doses variées de NPK et de l'urée sur les performances agronomiques du riz de variété FKR84 y a été examinée. Le dispositif utilisé a été du type split-plot avec trois répétitions. Les parcelles principales étaient représentées par les trois doses de NPK (NPK1, NPK2, NPK3), respectivement (150, 200 et 250) kg.ha⁻¹. Les doses NPK1, NPK3 ont été fractionnées en 100 kg.ha⁻¹ et 200 kg.ha⁻¹ appliquées au repiquage et 50 kg.ha⁻¹ apportée à l'épiaison contre 200 kg.ha⁻¹ de NPK2 appliquée en une dose unique. Chaque parcelle principale a été subdivisée en quatre parcelles secondaires correspondantes aux doses d'urée (U1, U2, U3 et U4). La combinaison des doses de NPK et d'urée a permis d'obtenir douze traitements: dont la combinaison NPK2*U1 était le témoin. Les parcelles U1, U2 ont reçu 50 kg.ha⁻¹ d'urée perlée 15 jours après le repiquage (JAR) contre 72 kg.ha⁻¹ d'USG au 10^{ème} JAR pour U3 et U4. A l'épiaison, U2 et U4 ont reçu 50 kg.ha⁻¹ d'urée perlée contre 50 kg.ha⁻¹ de NPK pour les parcelles principales NPK1 et NPK3. Les résultats ont montré que le traitement NPK3*U1 a donné un rendement en paddy de 5004 kg.ha⁻¹ soit un taux d'accroissement de plus 53% par rapport au témoin (3262 kg.ha⁻¹), une efficacité agronomique (EAF) de 34%, de générer une marge brute de 3451 FCFA.ha⁻¹ pour un surplus d'un kilogramme de NPK. Ce traitement est économiquement rentable (RV/C= 2) et pourrait être recommandé dans notre système de riziculture.

© 2024 International Formulae Group. All rights reserved.

Mots clés : fertilisants inorganique, fractionnement, performance économique, riziculture.

ABSTRACT

The study was initiated to improve mineral fertilizer procost in context of soil fertility permanent decreasing in Sindou paddy rice field, Western's Burkina Faso. Then, study aimed to examine the efficiency of mineral fertilizer splitting on FKR 84 rice variety agro-economic performances in Sindou's irrigated perimeter. The experimental design carried out was a split-plot with three replications. The NPK was applied as bottom fertilizer and urea as top fertilizer. Each replication was divided into three main plots corresponding to the three doses of NPK fertilizer (NPK1, NPK2 NPK3). Each one subdivided into four secondary plots represented by (U1, U2, U3, U4). The combination doses of NPK and Urea allowed to obtain twelve treatment such NPK2*U1 was the control. The doses NPK1 and NPK3 were splitted such 100 kg.ha⁻¹, 200 kg.ha⁻¹ at transplanting and 50 kg.ha⁻¹ applied at heading against NPK2 (200) kg.ha⁻¹ applied in one dose. The secondary plots U1 and U2 received 50 kg.ha⁻¹ of pearled urea 15 days after transplanting (DAT) and 100 kg.ha⁻¹ at panicle initiation against 72 kg.ha⁻¹ of upper granulated urea 10 DAT for U3 and U4. At heading, the plots U2 and U4 received 50 kg.ha⁻¹ of pearled urea against 50 kg.ha⁻¹ of NPK for the main plots NPK1 and NPK3. The results showed that the control plus 50 kg.ha⁻¹ of NPK at heading gave best paddy yield (5004 kg/ha) with 53% of increasing rate compared to the control (3262 kg.ha⁻¹), 34% as agronomic efficiency (EAF), 3451 FCFA for one more kilogram of NPK as marge brute. The NPK3*U1 treatment is economically procost (RV/C= 2) and could be recommended in our extension system.

© 2024 International Formulae Group. All rights reserved.

Keywords: inorganic fertilizer, splitting, economic performance, paddy field.

INTRODUCTION

La fertilité des sols, surtout celle des périmètres irrigués du Burkina Faso est en baisse continue du fait de leur exploitation intensive. Ces périmètres, pour la plupart, sont mis en valeur à la fois en saison sèche et en saison humide sans un mécanisme conséquent de restitution en éléments fertilisants. En outre, l'exploitation continue de ces écosystèmes rizicoles sans aucune mise en jachère vient aggraver leur état de pauvreté physico-chimique. Dans l'Ouest du Burkina Faso où sont concentrés environ 70% des bas-fonds et périmètres rizicoles (Nati et al., 2020), le riz et les cultures maraîchères y sont produits respectivement en saison humide et saison sèche. Les résidus de récoltes issus du maraîchage sont enfouis dans des buttes, lesquelles sont concassées et épandues dans les rizières pour servir d'amendement organique. Dans d'autre cas, ce sont les pailles de riz abandonnées sur les rizières qui sont brûlées et la cendre issue, est considérée comme de la « fumure de fond » par les riziculteurs. Toutefois, dans cette zone et particulièrement dans la région des cascades, les quantités de fumure organique utilisées ont été de 1,2 t.ha⁻¹ pour l'ensemble des superficies emblavées en 2020 dont 2,2 t.ha⁻¹ de fumure organique pour

les parcelles rizicoles (MAAHM, 2022). Cette pratique ne permet pas de couvrir en quantité et en qualité, les besoins en éléments fertilisants du riz. Le complément en fertilisants nécessaires pour renforcer le stock en éléments nutritifs du sol, espéré provenir des engrais minéraux, est apporté malheureusement à faibles doses. En effet, les doses de NPK et d'urée utilisées par les producteurs de la région des cascades sont parmi les plus faibles. Elles sont respectivement de 115 kg.ha⁻¹ et 34 kg.ha⁻¹ dont 111 kg.ha⁻¹ de NPK et 64 kg.ha⁻¹ d'urée destinées à la production (MAAHM, 2022). Ces doses d'engrais minéraux appliquées ne respectent pas les recommandations vulgarisées en riziculture qui sont de 200 kg.ha⁻¹ de NPK et 150 kg.ha⁻¹ d'urée perlée (Mensah et al., 2019). Dès lors, la production rizicole, fortement tributaire de la fertilité du sol est négativement impactée. C'est dans ce contexte que la maîtrise de la fertilité des sols reste déterminante pour une meilleure production rizicole et pour réduire les coûts y relatifs.

Diverses doses d'engrais minéraux ont été proposées pour soutenir la production rizicole, mais qui ne répondent pas aux exigences écologiques des zones de production du riz. Les doses actuellement vulgarisées sont de 200 kg de NPK et 150 kg d'urée perlée à

l'hectare (Yaméogo et al. 2010) en raison de 200 kg.ha⁻¹ de NPK (14-23-14) au repiquage + 50 kg.ha⁻¹ d'urée (46% N) perlée 15 jours après le repiquage et de 100 kg.ha⁻¹ d'urée perlée (46%N) à l'initiation paniculaire. Cette fertilisation minérale continue d'être le mode de fertilisation dominant dans tous les écosystèmes rizicoles du Burkina Faso car elle assure une bonne croissance végétative et un bon rendement paddy. Cependant, la production d'une tonne de riz paddy exige environ 20 kg N, 11 kg P₂O₅, 30 kg K₂O (Roy et al., 2006). Ces teneurs en fertilisants sont par conséquent en dessous des besoins d'une plante de riz comme la FKR 84 (Orylux 6), variété parfumée et très prisée par les consommateurs avec un potentiel de près de 7 tonnes.ha⁻¹. De surcroît, l'azote contenu dans l'urée perlée apporté à la volée se perd par volatilisation, dénitrification et/ ou transportée par les eaux de ruissellement (Roy et al., 2006 ; Segda et al., 2013). Un apport efficient en éléments fertilisants, surtout l'azote, le phosphore et le potassium, contribuerait inéluctablement à rendre disponible lesdits éléments minéraux et améliorer significativement les rendements. Pour remédier aux pertes d'azote, l'urée super granulée a prouvé son efficacité car elle perdurait dans le sol pendant 65 jours et serait progressivement mis à la disposition de la plante (Roy et al., 2006), ce qui favorise le développement végétatif de la plante du riz et la prédispose à de bons rendements (Lacharme. 2001 ; Yaméogo et al., 2013). Toutefois, la plante de riz aurait besoin de 50% d'azote, 50% de potassium et 65% de phosphore à l'initiation paniculaire et le plus grand besoin des nutriments 80% d'azote, 60% de potassium et 95% de phosphore serait absorbée pendant la phase reproductive (Roy et al. 2006). Ainsi, le maximum de besoin de la plante se situe à la phase reproductive. Dès lors, l'apport de supplément de NPK et/ou d'urée perlée à l'épiaison est perçu comme une possibilité d'un bon recouvrement en éléments minéraux du riz.

Cependant, l'application d'un supplément d'engrais NPK et/ou d'urée perlée à la phase d'épiaison du riz n'est pas actuellement prise en compte dans la

vulgarisation en matière de fertilisation minérale au Burkina Faso particulièrement sur le périmètre irrigué de Sindou, à l'Ouest du pays.

Cette étude avait pour objectif d'évaluer la portée agronomique et économique de l'application d'un tel supplément d'engrais dans notre système de fertilisation minérale actuelle. Spécifiquement, il s'agit d'évaluer l'effet de ce supplément sur le rendement paddy et sur le revenu à l'hectare des producteurs.

MATERIEL ET METHODES

Site de l'étude

Le périmètre irrigué de Sindou (10°39'31" Nord et 5°9'57" Ouest) une partie de la large plaine inondable de Niofila-Douna, dans la partie Est du bassin versant de la Léraba se trouve dans le sous bassin versant national et bassin versant national Comoé-Léraba et celui international de la Volta (Kinglo et al., 2023). Le site est situé dans la commune de Sindou, province de la Léraba, dans la région des Cascades. Quatre types de sols sont rencontrés sur le site dont le sol peu évolué d'apport alluvial hydromorphe à texture fine en surface (PAH/F) sur lequel a été conduit notre étude. Le périmètre d'environ 308,8 ha est destiné à la riziculture durant la saison pluvieuse et sèche. L'examen des caractéristiques chimiques initiales du sol sur l'horizon 0-30 cm avant la mise en place de l'essai révèle qu'il est moyennement acide (pH =5,6), présente un taux de carbone égal à 0,64%, une faible teneur en matière organique (1,11%) et en azote (0,04%). Le rapport C/N est supérieur à 14, caractéristique d'un sol à faible capacité de minéralisation. Il présente de fortes teneurs en phosphore et en potassium total, respectivement 142,02 mg.kg⁻¹ et 988,45 mg.kg⁻¹. Par contre, la proportion de ces éléments disponibles pour les plantes du riz est très faible, 1/10 du potassium total est disponible et 1% du phosphore total est mis à la disposition des plantes. Aussi, de faibles réserves en bases échangeables (8,13 Cmol.kg⁻¹), surtout en sodium (0,07 cmpl.kg⁻¹) et une capacité d'échange cationique moyenne (13,37 Cmol/kg) sont observées contre un fort

taux de saturation en bases échangeables dans le même horizon (0-30 cm). L'analyse granulométrie indique que le sol a une texture limono-argileuse selon le triangle des textures. Deux campagnes agricoles sont observées dans le périmètre irrigué de Sindou. La saison humide qui s'étale du mois de mai au mois d'octobre avec des précipitations mensuelles comprises entre 12 et 513 mm et des maximas de précipitations mensuelles de 1600 mm. La saison sèche quant à elle, s'étale de novembre à mars (Saidou et al., 2014). La température atteint sa moyenne maximale aux mois mars et d'avril ou elle était de 38,8°C contre la plus basse, 29,6°C enregistrée au mois d'août

Matériel végétal et engrais minéraux

La variété de riz améliorée FKR84 avec un potentiel de rendement de 7 tonnes/ha, un cycle de 100 à 105 (Dass et al., 2015) jours obtenu de la station de recherche de l'INERA Fara-kobal, l'engrais NPK (14-23-14), l'urée perlée (45% N) et l'urée super granulée (45% N) ont été utilisés dans cette étude.

Dispositif expérimental

L'expérimentation a été conduite du 13 mars au 5 juin de la saison sèche 2022 en utilisant un dispositif en split-plot à trois (03) répétitions complètement randomisées. Chaque répétition a été divisée en trois parcelles principales correspondantes aux trois doses d'engrais NPK dénommées NPK1, NPK2 et NPK3. Chacune d'elle a été subdivisée en quatre parcelles secondaires représentées par les doses d'urées U1, U2, U3 et U4. Le NPK a été utilisé comme engrais de fond et l'urée comme engrais de couverture. La combinaison de ces deux facteurs a donné douze (12) traitements que sont : T1 : NPK1*U1 ; T2 : NPK1*U2 ; T3 : NPK1*U3 ; T4 : NPK1*U4 ; T5 : NPK2*U1 ; T6 : NPK2*U2 ; T7 : NPK2*U3 ; T8 : NPK2*U4 ; T9 : NPK3*U1 ; T10 : NPK3*U2 ; T11 : NPK3*U3 ; T12 : NPK3*U4. Chaque parcelle élémentaire avait des dimensions de 3 m x 2 m, soit une superficie de 6 m². Des allées de 1 m séparaient les parcelles secondaires. La distance entre les parcelles principales a été de 1,5 m et de 2 m entre les répétitions. La

superficie de l'ensemble du dispositif a été de 456 m². Le repiquage a été fait 15 jours après la mise en place de la pépinière, à un plant par poquet aux écartements de 25 x 25 cm (Sié et al., 2005; Dass et al., 2015) La dose de NPK2 (200 kg.ha⁻¹) a été apportée en une seule fraction au repiquage tandis les doses NPK1 et NPK3 ont été appliquées en deux fractions dont respectivement 150 kg.ha⁻¹, 200 kg.ha⁻¹ NPK le jour du repiquage et 50 kg.ha⁻¹ à l'épiaison (soit un total de 200 kg/ha pour NPK1 et 250 kg/ha pour NPK3). L'urée simple a été apportée à la volée à U1 et U2 à 15 jours après le repiquage (JAR). Quant à l'Urée Super Granulée, elle a été placée manuellement à peu près à 10 cm de profondeur, 10 jours après le repiquage (JAR), en raison d'un granule pour quatre plants de riz.

Les doses d'engrais et leur période d'application ont été : NPK1= 150 kg.ha⁻¹ au repiquage + 50 kg.ha⁻¹ à l'épiaison; NPK2= 200 kg.ha⁻¹ au repiquage ; NPK3= 200 kg.ha⁻¹ au repiquage + 50 kg.ha⁻¹ à l'épiaison ; U1= 50 kg.ha⁻¹ au 15^e jour après semis + 100 kg.ha⁻¹ à l'initiation paniculaire ; U2= 50 kg.ha⁻¹ au 15^e jour après semis + 100 kg.ha⁻¹ à l'initiation paniculaire +50 kg.ha⁻¹ à l'épiaison ; U3= 72 kg.ha⁻¹ d'Urée Super Granulée 10 jours après repiquage, U4 = 72 kg.ha⁻¹ d'Urée Super Granulée au 10^e jour après semis + urée perlée 50 kg.ha⁻¹ au repiquage.

Quatre sarclages manuels ont été réalisés à 15 JAR, 30 JAR, 60 JAR et 75 JAR. Un seul traitement phytosanitaire a été réalisé au stade de l'initiation paniculaire contre la cécidomyie africaine du riz en utilisant du « Manga plus » (Mancozèbe) à la dose de 6,25 g. litre⁻¹. La récolte du riz a été effectuée 90 JAR

Paramètres déterminés

La récolte a consisté à faucher, jusqu'à raz de sol, les 32 poquets de la parcelle utile. Les grains ont été ensuite séparés de la paille par battage après séchage au soleil. Le rendement en grains de la parcelle utile a été obtenu après séchage et ramené à 14% du taux d'humidité à l'aide d'un facteur de conversion. Ce facteur de conversion a été déterminé par lecture sur un tableau de valeurs conventionnelles, du taux d'humidité

correspondant. Le rendement de la paille a été déterminé après son séchage pendant quatorze (14) jours au soleil.

L'efficacité agronomique (EAF) des engrais a été calculée par application de la méthode de Majumder et al. (2019). Ainsi, pour chaque traitement, le gain de rendement en riz paddy (GR) a été calculé à partir de la différence entre le rendement en grain (RT0) obtenu avec le traitement témoin (dose actuellement vulgarisée) et le rendement en grain (RTi) à la dose d'engrais (Di) d'un traitement donné.

$$GR = RTi - RT0 \quad (\text{équation 1}).$$

L'efficacité agronomique qui a permis une meilleure comparaison des combinaisons, a été déterminée pour chaque traitement (Ti) à partir du rapport entre le gain de rendement (GR) (Equation 1) et le rendement du traitement (RTi) à partir de la formule: $EAF = \frac{GR}{RTi} \times 100$ (équation 2).

Le rendement témoin étant celui obtenu avec le traitement témoin (Di) à la fumure minérale actuellement vulgarisée au Burkina Faso était considéré comme la référence avec une efficacité agronomique de 0% (Gala et al. 2011).

L'évaluation de l'efficacité agronomique du supplément d'engrais apporté (EAS) avait concerné dix (10) traitements qui ont reçu à l'épiaison, 50 kg.ha⁻¹ de NPK et/ ou 50 kg.ha⁻¹ d'urée perlée. L'efficacité agronomique du supplément d'engrais apporté à l'épiaison (EAS), a été calculée en faisant le rapport gain de rendement paddy (GR) par la quantité d'engrais supplémentaire qui a été apportée à l'épiaison. Elle s'exprime en kilogramme de rendement paddy additionnel par unité de kilogramme d'engrais supplémentaire (Dsi)(kg.kg⁻¹)

$$EAS = \frac{GR}{Dsi} \quad (\text{équation 3}).$$

Rentabilité économique de la culture en fonction du traitement

Les différents indicateurs (marge brute par kilogramme de supplément d'engrais,

rapport valeur sur coût) ont permis de comparer les richesses produites par chaque traitement.

Le bénéfice brut (Bb) (4) a été obtenu à partir du produit entre le rendement (kg.ha⁻¹) (Rs) et le prix unitaire (FCFA.kg⁻¹) de vente (PUV) de la culture.

$$\begin{aligned} Bb (Ti) \\ = \text{Rendement (Rs)} \\ \times \text{Prix unitaire du produit (PUV)}(Ti) \end{aligned} \quad (\text{équation 4})$$

Le bénéfice net (Bn) (10) exprimé en FCFA.ha⁻¹ a été obtenu en faisant la différence entre le bénéfice brut (Bb) et les charges variables (CV) correspondant à chaque traitement. Dans le cadre de cette étude l'amortissement du matériel n'a pas été pris en compte.

$$\begin{aligned} CV(Ti) \\ = (\text{Quantité d'intrants.ha} \\ - 1 (SE) \\ \times \text{Prix unitaire de l'intrant}(PUE)) + \Sigma Ci \end{aligned}$$

Avec ΣCi qui a représenté l'ensemble des autres charges (les travaux, le transport). Dans le cas présent, seules les charges liées à l'application de l'engrais ont été considérées. L'application des engrais perlés à la volée exigeait moins de main d'œuvre que le placement profond de l'urée super granulée. Pour ces deux pratiques un (1) homme/jour et dix (10) hommes/ jours par hectare (Savant et al., 1990 ; Traoré et al., 2012) ont été considérés respectivement pour le premier et le second. Les coûts de la main d'œuvre (1500 FCFA/jour/homme) étaient ceux actuellement en application dans la localité.

La Marge brute a été obtenu par la formule (6) : (équ4)- (équ5) $Mb = Bb (Ti) - CV(Ti)$

Cet indicateur a permis de déterminer la rentabilité de la variété FKR 84 en fonction de chaque fumure utilisée.

Quant à la marge brute par kilogramme de supplément d'engrais NPK et/ou de l'urée apporté, elle a été calculée en considérant la différence entre la vente du paddy et le coût lié au supplément d'engrais par la quantité d'engrais supplémentaire utilisée (équation 4).

$$Mb \text{ (FCFA. kg} - 1) = \frac{\text{(Prix du kg paddy} * \text{Gain paddy)} - \text{Coût lié au supplément d'engrais}}{\text{Quantité du supplément d'engrais utilisée}} \text{ (équation 7)}$$

Ratio de valeur sur coût

La performance économique des fumures a été déterminée à travers les composantes de rendement (grains) par le rapport de valeur sur coût (RV/C) afin de proposer la (les) fumure (s) optimale (s). C'est le rapport entre le gain monétaire brut et le coût des fumures utilisés par ces techniques. En effet, l'évaluation de l'efficacité d'un processus de production, passe par le calcul de la productivité de la terre (rapport entre la quantité produite et la quantité investie) et celle du travail (rémunération de la main d'œuvre) (Savant et al., 1990). Il a été déterminé par la formule (7) :

RV/C

$$= \frac{\text{Production d'un traitement donné (Ti)} - \text{Production du traitement Témoin (To)}}{\text{Coût de la fertilisation}}$$

Pour l'auteur (Yaméogo et al. 2012).

Si *RV/C* < 1, la technique n'est pas rentable, au contraire une perte d'argent est enregistrée.

Si *RV/C* = 1, la technique n'est pas rentable mais il n'y a pas de perte. Le gain de rendement permet de couvrir les dépenses effectuées pour l'achat des fumures. L'apport de fumure est sans intérêt économique.

Si *RV/C* > 1, la technique est considérée comme rentable. Elle permet de couvrir les dépenses et de dégager un bénéfice.

Pour les différents calculs nous avons utilisé les données mercuriale (250 FCFA par kilogramme de paddy) provenant d'enquête auprès des producteurs et sur les différents marchés locaux (Sindou, Douna et Gnofila). Le prix du kilogramme d'engrais minéral a été de 700 FCFA au moment de la production.

Analyses des données

Les données collectées ont été saisies à l'aide du tableur Microsoft Office Excel version 2016, puis analysées avec le logiciel R

version 3.0.2. Les paramètres mesurés ont fait l'objet d'une analyse de variance (ANOVA). Les moyennes ont été séparées au seuil de 5% par le test de Student Newman-Keuls.

RESULTATS

Influence des doses de NPK et d'urée sur les paramètres agronomiques

L'analyse de variance (Tableau 1) a montré qu'il y a une différence significative ($P < 0,0001$) entre les interactions des doses de NPK et d'urée aussi bien pour le nombre de panicules, du rendement en paddy que du rendement en paille. Pour le nombre de panicules, la meilleure performance (153 panicules/m²) a été enregistrée avec les doses combinées de T8 (200 kg.ha⁻¹ de NPK et 72 kg.ha⁻¹ d'urée super granulée plus 50 kg.ha⁻¹ d'urée perlée apporté à l'épiaison). La moyenne en nombre de panicules (132 panicules/m²) a été obtenue avec le témoin. La dose combinée de 200 kg.ha⁻¹ de NPK et 72 kg.ha⁻¹ d'USG a donné le plus faible nombre de panicules (111 panicules/ m²), soit une réduction de 16% comparativement au témoin. Pour le rendement en paddy, les meilleurs valeurs (3988,9 kg.ha⁻¹, 4003 kg.ha⁻¹, 4017 kg.ha⁻¹ et 5004 kg.ha⁻¹) ont été obtenues avec les doses combinées T7 (200 kg.ha⁻¹ de NPK et 72 kg.ha⁻¹ d'urée super granulée), T3 (250 kg.ha⁻¹ de NPK et 72 kg.ha⁻¹ d'urée super granulée dont 50 kg.ha⁻¹ de NPK appliquée à l'épiaison), T12 (250 kg/ha de NPK dont 50 kg.ha⁻¹ de NPK appliqué à l'épiaison et 72 kg.ha⁻¹ d'urée super granulée plus 50 kg.ha⁻¹ d'urée perlée), T11 (250 kg.ha⁻¹ de NPK dont 50 kg.ha⁻¹ apporté à l'épiaison et 72 kg.ha⁻¹ d'urée super granulée) et T9 (250 kg.ha⁻¹ de NPK et 150 kg.ha⁻¹ d'urée perlée dont 50 kg.ha⁻¹ de NPK apporté à l'épiaison). Les traitements les moins performants ont donné respectivement des rendements moyens en paddy de 2559 kg.ha⁻¹ et 3150 kg.ha⁻¹. Il s'agit des doses combinées de T4 (150 kg.ha⁻¹ de NPK au repiquage et 72 kg.ha⁻¹ d'urée super granulée plus 50 kg.ha⁻¹ d'urée perlée et 50

kg.ha⁻¹ de NPK appliqué, à l'épiaison) et de T2 (de 150 kg.ha⁻¹ de NPK au repiquage et 200 kg.ha⁻¹ d'urée perlée plus 50 kg.ha⁻¹ de NPK appliqué, à l'épiaison. Quant au rendement en paille, les meilleures performances (4066 kg.ha⁻¹ et 4072 kg.ha⁻¹) ont été obtenues avec les combinaisons de 200 kg.ha⁻¹ de NPK au repiquage et 72 kg.ha⁻¹ d'urée perlée plus 50kg.ha⁻¹ de NPK appliqué à l'épiaison, ainsi que la dose combinée de 200 kg.ha⁻¹ de NPK au repiquage et 72 kg.ha⁻¹ d'urée super granulée plus 50 kg/ha d'urée perlée apporté à l'épiaison. Le moins performant avec un rendement en paille de 2203 kg.ha⁻¹, a été obtenu avec la dose combinée de 200 kg.ha⁻¹ de NPK au repiquage et 72 kg.ha⁻¹ d'urée super granulée. L'analyse de variance n'a pas montré de différence significative entre les traitements en ce qui concerne le poids de 1000 grains.

Evaluation de paramètres d'efficacité agronomiques

Efficacité agronomique des engrais minéraux

Les résultats des interactions sur l'efficacité agronomique (EAF) des engrais utilisés (Tableau 2) donnent une variation du rendement entre les différents types de combinaisons et le témoin. L'efficacité agronomique varie de -27,47% pour la dose combinée de 72 kg.ha⁻¹ d'Urée Super Granulée appliquée au 10^e jour après semis + 50 kg.ha⁻¹ d'urée perlée apportée à l'épiaison à 34,8% pour la dose combinée de 200 kg.ha⁻¹ de NPK au repiquage + 50 kg.ha⁻¹ à l'épiaison plus 50 kg.ha⁻¹ d'urée perlée au 15^e jour après semis + 100 kg.ha⁻¹ d'urée perlée à l'initiation paniculaire. Les deux autre combinaisons avec des valeurs d'efficacité agronomiques (-27,47%) et (-3,57%) qui sont inférieures à celle du témoin (EAF = 0%) ont été obtenues avec respectivement les combinaisons de 150 kg.ha⁻¹ de NPK au repiquage + 50 kg.ha⁻¹ à l'épiaison plus 72 kg.ha⁻¹ d'Urée Super Granulée au 10^e jour après semis + 50 kg.ha⁻¹ d'urée perlée à l'épiaison ainsi que celle de 150 kg/ha au repiquage + 50 kg/ha à l'épiaison

+ 50 kg/ha au 15^e jour après semis + 100 kg/ha à l'initiation paniculaire.

Efficacité agronomique du supplément d'engrais apporté à l'épiaison

La meilleure efficacité agronomique (34,8 kg.kg⁻¹) (Tableau 3) a été enregistrée avec la combinaison de 200 kg.ha⁻¹ de NPK au repiquage + 50 kg.ha⁻¹ à l'épiaison plus 50 kg.ha⁻¹ d'urée perlée au 15^e jour après semis + 100 kg.ha⁻¹ d'urée perlée à l'initiation paniculaire. Par contre les plus faibles valeurs d'efficacité agronomiques (-1,25) kg.kg⁻¹ et (-7,03) kg.kg⁻¹ étaient obtenues avec les doses combinées de 200 kg.ha⁻¹ de NPK et 200 kg.ha⁻¹ d'urée perlée ainsi que 200 kg.ha⁻¹ de NPK et 72 kg.ha⁻¹ d'urée super granulée plus 50 kg.ha⁻¹ d'urée perlée appliquée à l'épiaison. Ces traitements ont plutôt induit des pertes d'engrais par rapport à la quantité de riz paddy récolté.

NB : Di = Dose d'engrais d'un traitement donné

EaS: Efficacité agronomique du supplément d'engrais apporté à l'épiaison.

Rentabilité économique des engrais minéraux

Marge brute (Mb) par kilogramme de supplément de NPK et/ou de l'urée appliqué à l'épiaison

La Marge brute (Mb), la plus élevée (3451 FCFA) a été obtenue avec la dose combinée de 200 kg.ha⁻¹ de NPK au repiquage + 50 kg.ha⁻¹ à l'épiaison plus 50 kg.ha⁻¹ d'urée perlée au 15^e jour après semis + 100 kg.ha⁻¹ d'urée perlée à l'initiation paniculaire (Tableau 4). Comparée au témoin qui a une marge brute (Mb= 0 FCFA), la moins performante a une marge brute de -1427 FCFA, induite par la combinaison de 200 kg.ha⁻¹ de NPK au repiquage plus 50 kg.ha⁻¹ d'urée perlée au 15^e jour après semis + 100 kg.ha⁻¹ d'urée perlée à l'initiation paniculaire +50 kg.ha⁻¹ à l'épiaison. Elle a été suivie par la combinaison de 150 kg.ha⁻¹ au repiquage + 50 kg/ha à l'épiaison plus 50 kg.ha⁻¹ au 15^e jour après semis + 100

kg.ha⁻¹ à l'initiation paniculaire +50 kg.ha⁻¹ à l'épiaison, avec une marge brute de -865 FCFA. Ces combinaisons ont induit des pertes en argent variant de 865 FCFA à 1427 FCFA par kilogramme d'engrais appliqué.

Rapport valeur sur coût

Le rapport valeur sur coût RV/C (tableau 5), varie de -1 à 2 avec une moyenne de RV/C = 0,44. Le meilleur rapport valeur sur coût (RV/C=2) a été enregistré avec la combinaison de 200 kg/ha de NPK au

repiquage + 50 kg.ha⁻¹ à l'épiaison plus 50 kg/ha d'urée perlée au 15^e jour après semis + 100 kg.ha⁻¹ à l'initiation paniculaire. Autrement, ce traitement a donné le meilleur investissement car 1 F CFA investi a permis de rapporter 2 FCFA. Par contre le plus faible RV/C= -1, obtenu avec la dose combinée de 150 kg.ha⁻¹ de NPK au repiquage + 50 kg.ha⁻¹ à l'épiaison plus 72 kg.ha⁻¹ d'Urée Super Granulée au 10^e jour après semis + 50 kg.ha⁻¹ d'urée perlée à l'épiaison, a induit une perte de 1 FCFA pour 1 FCFA investi.

Tableau 1 : Effet des doses variées sur les rendements en grains et paille (kg.ha⁻¹).

Traitements	Nombre de panicules.m ⁻²	RDTs(kg.ha ⁻¹)	RDT Paille (kg.ha ⁻¹)	Poids de 1000 grains
	149 ^{bcd}			
NPK1*U1		3535 ^d ±756	3603 ^c ±83	22,36
NPK1*U2	141 ^{bcd}	3150 ^b ±278	3325 ^{bc} ±452	21,47
NPK1*U3	122 ^{abc}	4003 ^e ± 627	3630 ^c ±879	21,3
NPK1*U4	117 ^{ab}	2559,4 ^a ±391	3334 ^{bc} ±30	21,0
Interaction				
NPK2*U1	133 ^{abcd}	3262, ^{bc} ±538	3250 ^b ±255	22,0
NPK2*U2	128 ^{bcd}	3275 ^{bc} ±179	3451 ^{bc} ±402	21,8
NPK*Urée				
NPK2*U3	111 ^a	3988,9 ^e ±206	2203 ^a ±271	21,8
NPK2*U4	153 ^d	3322 ^{bc} ±376	4072 ^d ±456	22,3
NPK3*U1	120 ^{abc}	5004 ^e ±673	3218 ^b ±126	22,5
NPK3*U2	120 ^{abc}	3387 ^{cd} ±431	3440 ^{bc} ±52	22,3
NPK3*U3	142 ^{bcd}	4064 ^e ±438	4066 ^d ±23	22,3 ^b
NPK3*U4	144 ^{bcd}	4017 ^e ± 291	3440 ^b ±152	21,77
<i>Pr>F</i>	<9,7710 ⁻⁵	0,0001	0,0001	0,31
<i>Significatif</i>	<i>THS</i>	<i>THS</i>	<i>THS</i>	<i>NS</i>

NPK1= 150 kg/ha au repiquage + 50 kg/ha à l'épiaison;U1= 50 kg/ha au 15^e jour après semis + 100 kg/ha à l'initiation paniculaire ; NPK2= 200 kg/ha au repiquage ; U2= 50 kg/ha au 15^e jour après semis + 100 kg/ha à l'initiation paniculaire +50 kg.ha⁻¹ à l'épiaison ; NPK3= 200 kg/ha au repiquage + 50 kg/ha à l'épiaison ; U3= 72 kg/ha d'Urée Super Granulée 10 jours après repiquage ;U4 = 72 kg/ha d'Urée Super Granulée au 10^e jour après semis + urée perlée 50kg/ha à l'épiaison .S=significatif, NS=Non Significatif ; HS=Hautement Significatif, THS=Très Hautement Significatif. RDT paille : rendement paille ; RDT en grain : rendement en grain.

NB: Les moyennes affectées d'une même lettre dans une même colonne ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% selon le test de Student Newman-Keuls (SNK).

Tableau 2 : Efficacité agronomique des engrais minéraux.

Traitements	RDTs (kg.ha ⁻¹)	GR	EAF (%)
NPK1*U1	3535,9	273,4	7,3
NPK1*U2	3150	-112,5	-3,57
NPK1*U3	4003,2	740,7	18,50
NPK1*U4	2559,4	-703,1	-27,47
NPK2*U1	3262,5	0	0,00
NPK2*U2	327,9	13,4	0,41
NPK2*U4	3322,02	59,52	1,79
NPK3*U1	5004,8	1742,3	34,81
NPK3*U2	3387,9	125,4	3,70
NPK3*U3	406,5	802	19,73
NPK3*U4	4017,3	754,8	18,79

NPK1= 150 kg/ha au repiquage + 50 kg/ha à l'épiaison; U1= 50 kg/ha au 15^e jour après semis + 100 kg/ha à l'initiation paniculaire ; NPK2= 200 kg/ha au repiquage ; U2= 50 kg/ha au 15^e jour après semis + 100 kg/ha à l'initiation paniculaire +50 kg.ha⁻¹ à l'épiaison ; NPK3= 200 kg/ha au repiquage + 50 kg/ha à l'épiaison ; U3= 72hg/ha d'Urée Super Granulée 10 jours après repiquage ; U4 = 72hg/ha d'Urée Super Granulée au 10^e jour après semis + urée perlée 50kg/ha à l'épiaison S=significatif, NS=Non Significatif ; HS=Hautement Significatif, THS=Très Hautement Significatif. RDT paille : rendement paille ; RDT en grain : rendement en grain.

Tableau 3: Efficacité agronomique (EaS) du supplément d'engrais apporté à l'épiaison.

Traitements	Rendement paddy unité (kg.ha ⁻¹)	Di(kg)	EAS (kg.kg ⁻¹)
NPK1*U1	3535,9	350	5,47
NPK1*U2	3150	400	-1,13
NPK1*U3	4003,2	272	14,8
NPK1*U4	2559,4	322	-7,03
NPK2*U1	3262,5	350	0
NPK2*U2	3275,9	400	0,13
NPK2*U4	3322,02	322	1,19
NPK3*U1	5004,8	400	34,85
NPK3*U2	3387,9	450	1,25
NPK3*U3	4064,5	322	16,04
NPK3*U4	4017,3	372	7,55

NPK1= 150 kg/ha au repiquage + 50 kg/ha à l'épiaison; U1= 50 kg/ha au 15^e jour après semis + 100 kg/ha à l'initiation paniculaire ; NPK2= 200 kg/ha au repiquage ; U2= 50 kg/ha au 15^e jour après semis + 100 kg/ha à l'initiation paniculaire +50 kg.ha⁻¹ à l'épiaison ; NPK3= 200 kg/ha au repiquage + 50 kg/ha à l'épiaison ; U3= 72hg/ha d'Urée Super Granulée 10 jours après repiquage ; U4 = 72hg/ha d'Urée Super Granulée au 10^e jour après semis + urée perlée 50kg/ha à l'épiaison.

Tableau 4: Marge brute par kilogramme liée au supplément de NPK et /ou de l'urée.

Traitements	Rs(kg.ha ⁻¹)	Prix unitaire de vente (PUV) en FCFA	Bénéfice brute (B b)= Rs×PUV	Supplément d'engrais (SE) en kg	Prix unitaire engrais (PUE) FCFA	Coût total (V) Engrais= PUE×SE	Marge brute (Mb) = Bb-CT	Marge brute /kg d'engrais supplémentaire (Mb/kg SE)
NPK1*U1	273,4	120	32808	50	700	36500	-3692	-73,84
NPK1*U2	-112,5	120	-13500	100	700	73000	-86500	-865,00
NPK1*U3	740,7	120	88884	50	700	37500	51384	1027,68
NPK1*U4	-703,1	120	-84372	100	700	74000	-158372	-1583,72
NPK2*U1	0	120	0	0	700		0	
NPK2*U2	13,4	120	1608	50	700	73000	-71392	-1427,84
NPK2*U4	59,5	120	7142,4	50	700	37500	30357,6	-607,15
NPK3*U1	1742,3	120	209076	50	700	36500	172576	3451,52
NPK3*U2	125,4	120	15048	100	700	73000	-57952	-579,52
NPK3*U3	802	120	96240	50	700	36500	59740	1194,80
NPK3*U4	754,8	120	90576	100	700	74000	16576	165,76

NPK1= 150 kg/ha au repiquage + 50 kg/ha à l'épiaison; U1= 50 kg/ha au 15° jour après semis + 100 kg/ha à l'initiation paniculaire ;
 NPK2= 200 kg/ha au repiquage ; U2= 50 kg/ha au 15° jour après semis + 100 kg/ha à l'initiation paniculaire +50 kg/ha à l'épiaison ;
 NPK3= 200 kg/ha au repiquage + 50 kg/ha à l'épiaison ; U3= 72hg/ha d'Urée Super Granulée 10 jours après repiquage ;
 U4 = 72hg/ha d'Urée Super Granulée au 10° jour après semis + urée perlée 50kg/ha à l'épiaison

Tableau 5 ; Rapport valeur coût par supplément d'engrais apporté à l'épiaison (Renvoyer à la fin du manuscrit).

	Coût du NPK	Coût de l'UP	Coût USG	Coût ferti UP	Coût ferti USP	Coût ferti NPK	Σ cvi	RDT(kg.ha⁻¹)	GR(kg.ha⁻¹)	RV/C
	(FCFA)	(FCFA)	(FCFA)	(FCFA)	(FCFA)	(FCFA)	(FCFA)			
Traitements	27500	20000	1000	6000	12000	6000	-	-	-	-
NPK1*U1	110000	60000	1500	6000	-	6000	12000	3535	272,50	0.3
NPK1*U2	110000	80000	-	6000		6000	12000	3150	-112,50	-0.1
NPK1*U3	110000	40000	1500		12000	6000	19500	4003.2	740,70	1.0
NPK1*U4	110000	20000	1500	6000	12000	6000	25500	2559.4	-703,10	-1.0
NPK2*U1	110000	60000		6000		6000	12000	3262.5000	0,00	0.0
NPK2*U2	110000	80000		9000		6000	15000	3275.9	13,40	0.0
NPK2*U3	110000	40000	1500		12000	6000	19500	3988.9	726,40	1.0
NPK2*U4	110000	20000	1200	6000	12000	6000	25200	3322.02	59,52	0.1
NPK3*U1	137500	60000		6000		6000	12000	5004.8	1742,30	2.0
NPK3*U2	137500	80000	1500	6000	12000	6000	25500	3387.9	125,40	0.1
NPK3*U3	137500	40000	1500		12000	6000	19500	4064.5	802,00	0.9
NPK3*U4	137500	40000	1500			6000	7500	4017.3	754,80	1.0

NPK1= 150 kg/ha au repiquage + 50 kg/ha à l'épiaison; U1= 50 kg/ha au 15° jour après semis + 100 kg/ha à l'initiation paniculaire ;
 NPK2= 200 kg/ha au repiquage ; U2= 50 kg/ha au 15° jour après semis + 100 kg/ha à l'initiation paniculaire +50 kg/ha à l'épiaison
 NPK3= 200 kg/ha au repiquage + 50 kg/ha à l'épiaison ; U3= 72hg/ha d'Urée Super Granulée 10 jours après repiquage ;
 U4 = 72hg/ha d'Urée Super Granulée au 10° jour après semis + urée perlée 50kg/ha à l'épiaison.

DISCUSSION

L'évaluation de l'efficacité des doses variées de NPK et d'urée sur les rendements, a montré des différences significatives entre les traitements. Les meilleures performances en riz paddy ont été enregistrées avec les combinaisons des doses de 250 kg.ha⁻¹ de NPK et 150 kg.ha⁻¹ d'urée perlée ainsi que de 250 kg.ha⁻¹ de NPK et 72 kg.ha⁻¹ d'urée super granulée avec des taux d'accroissement de rendements respectifs de 22%, 24% par rapport au témoin. La meilleure combinaison (200 kg.ha⁻¹ de NPK plus 150 kg.ha⁻¹ d'urée perlée à laquelle un supplément de 50 kg.ha⁻¹ de NPK a été apporté à l'épiaison) a induit une augmentation du rendement en paddy de 1730 kg.ha⁻¹ par rapport à la dose actuellement vulgarisée (témoin : 3262 kg.ha⁻¹). Cette augmentation de rendement, correspondant à un taux d'accroissement de 53%, serait due au supplément de 50 kg.ha⁻¹ d'engrais NPK apporté à l'épiaison, qui aurait induit l'accroissement du nombre de panicules et le nombre d'épillets fertiles. Les fertilisants majeurs (azote, phosphore et potassium) émanant de ce supplément, auraient joué un rôle déterminant dans le remplissage du paddy, surtout que la présence de l'azote dans le sol stimule le développement des paramètres agronomiques (Segda et al., 2014) d'une part et d'autre part favoriserait l'absorption du phosphore et/ou du potassium. Nos résultats sont similaires à ceux de Lavigne-Delville. (1996) ; Saidou et al. (2014) ; qui ont montré une interdépendance des nutriments dans la phase de remplissage des grains de riz paddy. A cet effet, les travaux de Gueye et al. (2019a), Gueye et al. (2019b) ont montré que les meilleurs rendements sont obtenus lorsque l'azote (N) est combiné au phosphore et au potassium. Autrement, en l'absence de l'un de ces éléments, la performance de l'azote est réduite (Imrani et al., 2014). Ce qui expliquerait les faibles rendements obtenus avec les traitements ayant reçu uniquement de l'urée à l'épiaison. Par contre, les traitements

ayant reçu un supplément d'engrais NPK à l'épiaison et qui ont produit de faibles rendements paddy pourraient être liés à un déséquilibre nutritionnel en azote imputable à des pertes au moment de l'application (N= 0,042%) et en phosphore assimilable (P-ass=1,55 mg.kg⁻¹) initiales du sol du site de l'étude, la teneur en éléments nutritifs apportés étant généralement supérieurs aux prélèvements. Nos résultats corroborent ceux de Fagéria et al. (2001) ; Asten et al. (2003) ; Kazuki et al. (2019) qui ont montré que les écarts de rendement seraient liés à un mauvais recouvrement des besoins des plantes en ces trois éléments minéraux majeurs que sont le phosphore, l'azote et le potassium, liés aux pertes des éléments nutritifs due au lessivage ou à leur transport par les eaux de ruissellement ou encore à une mauvaise manipulation lors de l'application. En dépit du supplément d'engrais de 50 kg.ha⁻¹ de NPK et 50 kg.ha⁻¹ d'urée perlée, la dose combinée de 150 kg.ha⁻¹ de NPK + 72 kg.ha⁻¹ d'urée super granulée plus 50 kg.ha⁻¹ d'urée perlée +50 kg.ha⁻¹ de NPK apportée à l'épiaison, a produit le plus faible rendement paddy (2559,4 kg.ha⁻¹). Ce résultat serait imputable à la faible dose de NPK (150 kg.ha⁻¹) qui a été apporté sitôt après le repiquage comparée à la dose (de 200 kg.ha⁻¹ de NPK) recommandée par le système de vulgarisation. Cette dose de NPK (150 kg.ha⁻¹ à l'épiaison) n'aurait pas favorisé l'accumulation de réserves de nutriments et d'énergie nécessaire à une bonne croissance et surtout au développement de la plante. Le supplément de 50 kg.ha⁻¹ aurait favorisé le développement de la biomasse (3334,9 kg.ha⁻¹) au détriment de la production en grain. Le supplément d'engrais qui a été apporté à l'épiaison joue le rôle d'engrais de couverture, il pourrait donner l'effet escompté à condition que la culture ait une bonne base de nutrition azotée suffisante pour permettre à l'engrais apporté à la période d'épiaison de jouer son rôle. Pourtant, l'azote a été un facteur limitant du sol du site de l'étude, en outre, les doses

d'engrais reçu au repiquage par ce traitement n'ont pas permis de combler le besoin en azote car en dessous de la dose recommandée. A ce sujet, nos résultats tout comme ceux de Lemaire et al. (1984) ; Dupuy et al. (1990) ; Sanogo et al. (2020) montrent bien que l'alimentation azotée est une composante majeure dans la productivité de la riziculture irriguée car elle affecte toutes les phases dont dépend le rendement du riz. La meilleure performance en rendement paille (4072 kg.ha⁻¹) a été obtenue avec la combinaison des doses de 72 kg.ha⁻¹ d'urée super granulée plus 50 kg.ha⁻¹ d'urée perlée appliquée à l'épiaison en plus des 200 kg.ha⁻¹ de NPK recommandée. L'USG est connu pour son important rôle dans le développement des talles (Yaméogo et al., 2013). L'apport d'un supplément d'urée perlée à l'épiaison favorise plus le rendement en paille (4072 kg.ha⁻¹) au détriment du rendement en paddy (3322 kg.ha⁻¹). Nos résultats tout comme ceux de Fageria et al. (2005) ; Douze et al. (2021) ; montrent que l'azote apporté seul favorise le développement de la biomasse.

L'analyse économique prenant en considération les coûts de la fertilisation minérale et les charges y relatives, du traitement NPK3*U1 qui correspondait au traitement témoin auquel un supplément de 50 kg.ha⁻¹ de NPK (14-23-14) a été apporté à l'épiaison, a donné un $RV/C = 2$ donc $RV/C > 1$ et par conséquent considérée comme rentable, permet de couvrir les dépenses et de dégager un bénéfice comparé au témoin. La performance du traitement ayant induit ce résultat résidait dans le fait qu'il a reçu, en plus de la dose vulgarisée, un supplément d'engrais de 50 kg.ha⁻¹ NPK à l'épiaison. Nos résultats sont similaires à ceux de Yaméogo et al. (2013) ; Majumber et al. (2019) qui ont montré qu'une fumure est jugée rentable économiquement lors que le rapport valeur sur coût était strictement supérieur à 1 ($RV/C \geq 1$). Pour Grawford et al. (1987), une nouvelle technologie est considérée comme économiquement rentable si son RVC atteint

un taux de rentabilité cible au moins égal à 2. Cet apport supplémentaire en engrais a engendré un gain de rendement en grain substantiel de 1742,3 kg.ha⁻¹, avec une efficacité agronomique de 34 kg pour un supplément d'un (1) kilogramme de NPK. Ce qui correspond à une marge bénéficiaire brute de 3451,52 FCFA pour un kilogramme de supplément d'engrais NPK qui a été appliqué. Ainsi, apparaît les avantages sur le plan agronomique et économique de l'apport d'un supplément de 50 kg.ha⁻¹ de NPK à l'épiaison à la dose actuellement vulgarisée pour la riziculture au Burkina Faso. Au regard de ces avantages, cette pratique pourrait être expérimentée une seconde fois avant sa mise à grande échelle au bénéfice des producteurs.

Conclusion

Le défi actuel de l'intensification de la production rizicole dans un contexte d'appauvrissement continu des sols, est fondamental voire crucial et il urge de développer des stratégies de valorisation des engrais minéraux pour améliorer la productivité du riz. C'est dans ce sens que cette étude sur l'efficacité du fractionnement des engrais a été conduite de façon à déterminer la meilleure forme de combinaison d'engrais et la période d'application afin d'améliorer les recommandations actuelles en matière de fertilisation minérale du riz. Les résultats montrent que, si l'azote contenu dans l'USG est celui qui favorise le mieux la formation des panicules et la production de nombre de panicules, un supplément de 50 kg.ha⁻¹ de NPK (14-23-14) à l'épiaison à la dose actuellement vulgarisée permettrait à la plante de riz d'y trouver ces éléments nutritifs majeurs qui favoriserait un meilleur remplissage des grains et d'avoir un rendement en grain de 5004 kg.ha⁻¹ soit un gain de 53% par rapport à celui du témoin. En outre il est économiquement rentable du fait qu'un 1 FCFA investi procure 2 FCFA et induit 3451 F CFA comme marge brute. Afin d'améliorer l'efficacité des

engrais, les résultats de l'étude suggèrent l'utilisation de la dose combinée de 250 kg de NPK (14-23-14) et 150 kg.ha⁻¹ d'urée perlée (46% N) dont 50 kg.ha⁻¹ de NPK à apporter à l'épiaison pour une amélioration des paramètres de croissance et de rendement de la variété de riz FKR84 (Orylux6), au regard du supplément de rendement qu'elle offre.

CONFLIT D'INTERETS

L'auteur déclare qu'il n'y a aucun conflit d'intérêts.

REFERENCES

- Asten PJA, Wopereis MCS, Haefele S, Isselmou MO, Kropff MJ. 2003. Explaining yield gaps on farmer-identified degraded and non-degraded soils in a Sahelian irrigated rice scheme. *NJAS.*, **50**(3-4): 277-296.
- Dass AR, Kaur AK, Choudhary V, Pooniya R Raj, Rana K. 2015. System of Rice (Oryza Sativa) Intensification for Higher Productivity and Resource-Use Efficiency.–a Review. *J. of A.*, **60**(1): 1-19. <https://doi.org/10.4314/jab.v77i1.13>;
- Douze M, Vanclooster M. 2021. Etude sur les résidus des fertilisants chimiques de quelques nutriments utilisés dans la riziculture au niveau de la vallée de l'Artibonite, Haïti. Mémoire rédigé en vue de l'obtention du diplôme de Master en Sciences et Gestion de l'Environnement. Université catholique de Louvain, *Prom: Vanclooster, Marnik*. <http://hdl.handle.net/2078.1/thesis:33260>
- Dupuy J, Gaudin R, Onofrio G. 1990. Etude à l'aide d'urée enrichie en 15N de la fertilisation azotée du riz inondé à Madagascar. *L'Agronomie Tropicale*, 1990, **45**(1), 3-30 p.
- Fageria NK, Baligar VC. 2001. "Lowland rice response to nitrogen fertilization." *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, **32**(9–10): 1405–29. <https://doi.org/10.1081/CSS-100104202>
- Fageria NK, Baligar VC. 2005. Enhancing nitrogen use efficiency in crop plants. *Ad. in Agro.*, **88**: 97–185. [Doi.org/10.1016/S0065-113\(05\)88004-6](https://doi.org/10.1016/S0065-113(05)88004-6)
- Gala J, Camara M, Yao-Kouame A, Keli J. 2011. Rentabilité des engrais minéraux en riziculture pluviale de plateau: Cas de la zone de Gagnoa dans le centre ouest de la Côte d'Ivoire. *J. Ap. Biosc.*, **46**: 3153-3162.
- Gueye H, Sall AT, Kéita BG, N'Diaye S, Dieng H, Gueye T. 2019a. Effet de la fertilisation minérale sur la culture du riz (*Oryza sativa* L.) et du blé dur (*Triticum durum* Desf.) dans la vallée du fleuve Sénégal. *JAPS.*, **41**(1): 6840-6846
DOI: <https://hdl.handle.net/20.500.11766/10899>
- Crawford DW, Godbey G. 1987. Reconceptualizing barriers to family leisure. *Lei. Sc.*, **9**(2): 119-127. [Doi.org/10.1080/01490408709512151](https://doi.org/10.1080/01490408709512151)
- Gueye H, Sall AT, Kéita BG, N'Diaye S, Dieng H, Gueye T. 2019b. Effet de la fertilisation minérale sur la culture du riz (*Oryza sativa* L.) et du blé dur (*Triticum durum* Desf.) dans la vallée du fleuve Sénégal. *JAPS.*, **41**(1): 6840-6846p. <https://doi.org/10.35759/JAnmPISci.v41-1.10>.
- Imrani N, Chahdi AO, Chliye M, Touati J, Touhami AO, Benkirane R, Douira A. 2014. Effet de la fertilisation par différents niveaux de NPK sur le développement des maladies foliaires du riz. *JAPS.*, **23**(1): 3601–3625. <http://www.m.elewa.org/JAPS>;
- Kazuki Saitoa, Elke Vandammeb, Jean-Martial Johnsonac, Atsuko Tanakad, Kalimuthu S. 2019. Yield-limiting macronutrients for rice in sub-Saharan. *A.J. homepage*. **338**(2019): 546-554. www.elsevier.com/locate/geoderma

- Kinglo AMA, Sauret ESG, Koïta M, Compaore MMH, Kissou J, Yameogo L & Serme I. 2023. Multi-approach characterization of groundwater for irrigated agriculture in southwest Burkina Faso. *Groundwater for Sustainable Development*, **20**: (100867):12. DOI:10.1016/j.gsd.2022.100867
- Lacharme M. 2001. La fertilisation minérale du riz. Ministère du Développement Rural et de l'Environnement: Fascicule 6. *Direction de la Recherche Formation Vulgarisation, Coopération française*, **19**.
- Lavigne-Delville P. 1996. Gérer la fertilité des terres dans les pays du Sahel: Diagnostic et conseil aux paysans. GRET. <https://agritrop.cirad.fr/306169/>
- Lemaire G, Salette J, Sigogne M, Terrasson JP. 1984. Relation entre dynamique de croissance et dynamique de prélèvement d'azote pour un peuplement de graminées fourragères. *Agronomie*, **4**(5): 423-430. <https://hal.science/hal-00884655>.
- MAAHM. 2021. Annuaire Des Statistiques Agricoles 2020 Version définitive
- Majumder SH, Gogoi PB, Deka N. 2019. System of rice intensification (SRI): An innovative and remunerative method of rice cultivation in Tripura, India. *IJAR.*, **53**(4): 504-507. DOI: 10.18805/IJARe.A-5224
- Mensah A, Françoise A, Azagba D, Okpèoluwa O, Amadji L. 2019. Effet du fractionnement d'engrais organique, d'Urée et du Sulfate de Potassium sur la productivité et la conservation des fruits de tomate au Sud du Bénin. *J. Ap. Biosc.*, **138**: 14050-14059. DOI: <https://doi.org/10.4314/jab.v138i1.5>.
- Nati BD, Barké GH, Koita M, Niang D, Hamma Y. 2020. Diagnosis of the availability of groundwater resources for Off-Season Irrigation on the Pic of Sindou Rice Perimeter in Burkina Faso. *AJWSE* **6**(2): 60-64. DOI: <https://doi.org/10.11648/j.ajwse.20200602.11>
- Roy RN, Finck A, Blair GJ, Tandon HLS. 2006. Plant nutrition for food security. A Guide for Integrated Nutrient Management. FAO. *Fert and P Nut Bul.*, **16**(368): 201–214.
- Saidou A, Gnakpenou KD, Balogoun I, Hounahin SR, Kindomihou MV. 2014. Effet de l'urée et du NPK 15-15-15 perlés et super granulés sur la productivité des variétés de riz IR841 et NERICA-L14 en zone de bas-fond au Sud-Bénin. *J. Ap. Biosc.*, **77**: 6575–89. DOI: <https://doi.org/10.4314/jab.v77i1.13>;
- Savant NK, Stangel PJ. 1990. Deep placement of urea supergranules in transplanted rice: principles and practices. *Fertilizer Research*, **25**: 1-83.
- Sanogo S, Akanza KP, Onate Z, Camara M.2020. Evaluation de l'effet de doses d'azote et de phosphore sur des paramètres agromorphologiques et du rendement du riz: Cas de la variété Djoukèmin dans un bas-fond de la région de Gagnoa. *Journal Interdisciplinaire de La Recherche Scientifique, JIRSc.*, **1**: 8-16.
- Segda Z, Yaméogo LP, Gnankambary Z, Papaoba SM. 2013. Effets induits du type de fumure sur les paramètres chimiques du sol et sur le rendement paddy dans la plaine rizicole de Bagré au Burkina Faso. *J. So. Ouest-Afr. Chim.*, **36**: 35-46. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v11i4.24>
- Segda Z, Yaméogo LP, Sie M, Bado BV, Mando A. 2014. Nitrogen use efficiency by selected NERICA varieties in Burkina Faso. *African Journal of Agricultural Research*, **9**(15): 1172–79; DOI: 10.5897/AJAR20xx.xxx
- Segda Z, Bonzi M, Kazuki S, Mando A, Wopereis M, Sedogo MP. 2013. Capacité nutritive des sols et réponses du riz irrigué à l'application des éléments

- minéraux sur la plaine de Bagré au Burkina Faso. In : *La science rizicole pour la sécurité alimentaire à travers le renforcement de l'agriculture familiale et l'agro-industrie en Afrique* : 3ème Congrès du riz en Afrique 2013, 21-24 octobre 2013, Yaoundé, Cameroun. Programme et résumés. Centre du riz pour l'Afrique, IRAD, FAO. Cotonou : ADRAO [*Centre du Riz pour l'Afrique*], *Résumé*, 217. *Africa Rice Congress*. 3, Yaoundé, Cameroun
- Sié M, Dogbé S, Toulou B, Manful J, Afokpé P. 2005. Nouvelles variétés de riz de type ORYLUX. *Fiche Technique*
- Traore, SSH. 2012. Etude des impacts agropédologiques des apports continus et en rotation de fertilisants organo-minéraux sur le cotonnier en stations de recherche: cas de Sana et Farako-Bâ. Mémoire de fin de cycle en vue de l'obtention du Diplôme d'ingénieur du développement rural. Option: Agronomie. Université Polytechnique De Bobo-Dioulasso (UPB). *Institut du Développement Rural (IDR)*, p. 46.
- Yameogo LP, Traore MM, Segda Z, Mand A, DAKOUO D, Sedogo MP. 2010. Amélioration des rendements et du revenu des producteurs par la technique de placement profond de l'urée super granulée sur le riz irrigué au Burkina Faso. *Sc. Nat. Ap.*, **32**(1-2): 85-95. <https://revuesciences>
- Yaméogo PL, Traoré M, Segda Z, Mando A, Dakouo D, Sedogo MP. 2012. Amélioration des rendements et du revenu des producteurs par la technique de placement profond de l'urée super granulée sur le riz irrigué au Burkina Faso. *Science et technique, Sc. Nat. et Agro.*, **1 et 2**(32) : 85-93.
- Yaméogo PL, Segde Z, Dakouo D, Sedogo MP. 2013. Placement profond de l'urée (PPU) et amélioration de l'efficacité d'utilisation de l'azote en riziculture irriguée dans le périmètre rizicole de Karfiguela au Burkina Faso. *J. A. Biosc.*, **70**: 5523-5530. DOI : 10.4314/jab.v70i1.98749