

FERTILISATION MINERALE EN RIZICULTURE DE BAS-FOND SUR FLUVISOLS EN ZONE GUINEENNE : CAS DU M'BE FORO FORO A BOUAKE, AU CENTRE DE LA COTE D'IVOIRE

F. ZADI^{1*}, B. KONE², K.R. N'GANZOUA³, F. BAHAN¹, A. OUATTARA¹

¹Centre National de Recherche Agronomique de Côte d'Ivoire (CNRA) ; 01 BP 1740 Abidjan 01, Côte d'Ivoire

²Département des sols, Université Félix Houphouët Boigny, Cocody, Abidjan (Côte d'Ivoire) ; 22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire ; kbrahima@hotmail.com

³Laboratoire d'amélioration de la production agricole, Université Lorougnon Guédé, Daloa (Côte d'Ivoire) ; BP 150 Daloa, Côte d'Ivoire ; renenganz@yahoo.fr

(*) Auteur correspondant ; BP 440 Man, Côte d'Ivoire ; zadi.florent1@gmail.com/florent.zadi@cnra.ci; (+225)0708732517/0709897177

RESUME

L'amélioration du rendement du riz de bas-fond avec assez-bonne maîtrise de l'eau a été étudiée sur des cycles culturaux successifs en utilisant différentes compositions d'engrais minéraux (NPK, NPKCa, NPKMg, NPKZn, NPKCaMg, NPKCaZn et NPKCaMgZn). L'absence de fertilisant a constitué le témoin dans un dispositif expérimental en bloc complet randomisé avec 08 traitements ou parcelles élémentaires répétés trois fois sur un Fluvisol en zone de savane Guinéenne au centre de la Côte d'Ivoire. La variété de riz Nerica L 19 a été transplantée. Une différence significative du rendement en grain a été observée entre les traitements. En effet, sur les trois cycles de culture, le rendement général en grain est passé de 6,32 à 2,65 tonnes. Cependant, les fertilisations NPKZn et NPKCaMg améliorent les rendements avec un plus grand rendement pour NPKCaMg. De ce fait, NPKCaMg peut être recommandé comme fertilisation chimique en riziculture de bas-fond avec assez-bonne maîtrise de l'eau.

Mots-clés : Engrais minéral, rendement en grain, stabilisation du rendement

ABSTRAT

FERTILISATION MINERALE EN RIZICULTURE IRRIGUEE SUR FLUVISOLS EN ZONE GUINEENNE

Yield improvement in lowland rice with fairly good water control was studied over successive crop cycles using different compositions of mineral fertilizers (NPK, NPKCa, NPKMg, NPKZn, NPKCaMg, NPKCaZn and NPKCaMgZn). The absence of fertilizer constituted the control in an experimental device in a complete randomized block with 08 treatments or elementary plots repeated three times on a Fluvisol in the Guinea savannah zone in the center of Côte d'Ivoire. Rice variety Nerica L 19 was transplanted. A significant difference in grain yield was found between treatments. Indeed, over the three crop cycles, the general grain yield increased from 6.32 to 2.65 tonnes. However, NPKZn and NPKCaMg fertilizations obtain the yields with greater yield for NPKCaMg. Therefore, NPKCaMg can be recommended as chemical fertilization in lowland rice cultivation with fairly good water control.

Keywords: Mineral fertilizer, grain yield, yield stabilization

INTRODUCTION

Le riz (*Oryza sativa* L.) est aujourd'hui l'une des céréales la plus consommée dans le monde (FAO, 2002). Pour satisfaire sa population, l'Afrique subsaharienne devrait passer de 20 à 48 millions de tonnes en 2050, et à 88 millions dans une hypothèse d'accroissement de 1,5 % par an (Agrimonde, 2009). Devant cette demande croissante, il devient impérieux d'augmenter la production rizicole des pays africains. C'est pourquoi en Afrique de l'ouest, la riziculture est devenue une activité essentielle dans la lutte pour l'autosuffisance alimentaire (Diatta et Sahrawat, 1997). A ce jour, de nouvelles variétés à haut rendement (8 t/ha) et à cycle court (90 jours) ont été développées (WARDA, 2002), la gestion de l'eau et le contrôle des mauvaises herbes ont été étudiés par Becker et Johnson (1999) de même que les contraintes biotiques par Seré *et al.* (2004) et Nwilene *et al.* (2006). Ce cas de figure est valable en Côte d'Ivoire avec environ 50 % d'importation de ses besoins (USDA, 2022).

Malheureusement, les efforts accomplis en terme de fertilisation des terres ne concernent que la riziculture pluviale de plateau en zone forestière humide (Gala *et al.*, 2010). Or, les sols des plateaux diffèrent de ceux des bas-fonds, surtout que l'irrigation peut induire de très grands changements des propriétés du sol inondé (Ponnamperuma 1972). De plus, la question de fertilisation est spécifique aux sites (Bationo *et al.*, 2009). De ce fait, il est nécessaire d'identifier une stratégie de fertilisation pour la riziculture de bas-fond dans les zones agro-écologiques de la Côte d'Ivoire si l'on veut résorber le déficit de la production.

Vu l'importance de l'azote-N, du phosphore-P, du potassium-K, du calcium-Ca, du magnésium-Mg et du zinc-Zn dans la nutrition du riz irrigué (Dobermann et Fairhurst, 2000 ; Roy *et al.* 2006), il est opportun d'évaluer la réponse du riz à ces nutriments.

C'est dans ce contexte que s'inscrit la présente étude qui se propose d'évaluer la réponse du riz aux sources de fertilisation minérale : NPK, NPKZn, NPKCa, NPKMg, NPKZnCa, NPKCaMg, NPKCaMgZn, dans un bas-fond de second ordre de M'Bé Foro Foro, à Bouaké, au centre de la Côte d'Ivoire.

MATERIEL ET METHODES

Matériel technique : Le matériel technique qui a servi se compose de : GPS, Boussole, pioches, pelles, sachets, tamis de 2 mm de diamètre, cuvette, couteau de pédologue, marteau de pédologue, balance de 25 kg de portée maximale, balance à haute précision, mètre ruban de 50 à 100 m et d'un mètre ruban de 2 m.

Matériel végétal : La variété de riz améliorée NERICA L19 a été exclusivement utilisée pour son potentiel de rendement allant de 5 à 7 t ha⁻¹. Il s'agit d'une variété interspécifique, issue d'un croisement entre les espèces *Oryza. glabberima* et *Oryza. sativa*. Son cycle est moyen (112 jours) avec 147 talles au m² (Sanogo *et al.* 2020) pour une hauteur moyenne de 76 cm (Bangata *et al.* 2013).

Fertilisants : Une source de fertilisation minérale constituée d'engrais simples, azote (N 100 kgha⁻¹), phosphore (P 60 kgha⁻¹), potassium (K 50 kgha⁻¹), magnésium (Mg 50 kgha⁻¹), calcium (Ca 50 kgha⁻¹) et zinc (Zn 10 kgha⁻¹) a été utilisée en différentes associations : NPK, NPKCa, NPKMg,

NPKZn, NPKZnCa, NPKCaMg et NPKCaZnMg.

Dispositif expérimental : C'est un dispositif expérimental en bloc complet randomisé avec 08 traitements ou parcelles élémentaires répétés trois fois qui a été utilisé pour la conduite de l'essai.

Mise en place de l'essai : Une jachère de deux années dominée par *Lersia hexandra* et *Frimbrinstylis* sp a été défrichée manuellement et débarrassée des débris végétaux sur une superficie d'environ 1200 m² pour l'essai.

Après le défrichement et la confection des diguettes et canaux, au total 24 parcelles élémentaires de 15 m² (5 m x 3 m) ont été installées à raison de 8 parcelles ou traitements par répétition. Les parcelles élémentaires sont distantes de 50 cm et les blocs de 1 m les uns des autres. Elles ont été ensuite labourées deux fois à l'aide de motoculture. Il a d'abord eu un premier labour profond de 20 à 25 cm pour bien remuer le sol et ensuite un deuxième labour, cette fois-ci superficielle afin d'émietter le sol. Après s'en est suivi le planage.

Les différentes modalités de fertilisation ont été apportées en fumure de base au deuxième labour. Les parcelles élémentaires ont été ensuite repiquées avec des plants âgés de 21 jours à raison de trois brins par poquet. Un écartement de 20 cm entre les lignes et les plants a été observé. Pour réussir le repiquage, trois cordes avec des nœuds espacés de 20 cm ont été utilisées. Deux de ces cordes étaient tendues parallèlement au sens de la longueur de la micro parcelle et la troisième perpendiculairement placée aux deux autres. Le repiquage s'est fait suivant la ligne de la troisième corde que l'on déplaçait au fur et à mesure.

Aux stades tallage du riz et à la montaison, 35 Kg N ha⁻¹ de la dose d'azote ont été appliqués à chaque fois. Une lame d'eau de 5 cm environ a été maintenue constamment, 10 jours après le repiquage jusqu'à la maturité du riz.

Le désherbage s'est fait manuellement, à 21 et 45 jours après repiquage. Dès le stade épiaison du riz, une surveillance humaine quotidienne a permis d'éviter les dégâts aviaires. Les récoltes sont intervenues à la maturité technologique, c'est-à-dire quand les 2/3 supérieurs de la panicule ont viré au jaune. En ce moment le taux d'humidité des grains est compris entre 18 et 20 % d'humidité.

Pour les collectes de données et les récoltes, deux lignes de bordures ont été évitées de chaque côté de la parcelle afin de minimiser les effets de bordure. Les grains et la paille pour chaque parcelle élémentaire ont été pesés pour en déterminer les rendements.

Echantillonnage et analyse du sol : Sur la parcelle d'expérimentation, le prélèvement du sol a été fait à la tarière, entre 0 et 20 cm de profondeur, dans chaque angle et au centre de chaque parcelle élémentaire. Ils ont été séchés à l'air, sous abri, puis tamisés à l'aide d'un tamis de 2 mm de diamètre après le broyage. Les échantillons de terre fine obtenue (terre tamisée) ont servi à la détermination, du pH du sol (pH eau), du carbone organique (C), de l'azote total (N), de la capacité d'échange cationique (CEC), des bases échangeables (Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺ et Na⁺) du phosphore-Olsen assimilable (P), et de l'oxyde de fer libre selon les méthodes appropriées.

Analyse statistiques : Les données obtenues ont été saisies à l'aide du logiciel Excel et analysées avec SAS. Chaque fois qu'une différence significative est révélée, l'analyse ANOVA est complétée par le test de Tukey. Les moyennes des variables ont été séparées au seuil de probabilité $\alpha = 0,05$ ou $\alpha = 0,01$.

RESULTATS

EFFETS DE LA FUMURE MINERALE SUR LE RENDEMENT EN GRAIN DU RIZ

Les rendements en grains du riz sont différents de façon significative suivant les trois cycles de culture. Ils baissent d'un cycle à un autre. La baisse de rendement au troisième cycle de culture est près de la moitié du rendement initial enregistré au premier cycle de culture (Tableau 1). En outre, il existe une variance de cette tendance au niveau des traitements (Tableau 2).

Tableau 1 : Rendement en grain sous fumure minérale en fonction des cycles de culture.

Grain yield under mineral fertilizer according to crop cycles.

Cycles de culture	Rendement en grain (t ha ⁻¹)
Cycle 1	6,32 a
Cycle 2	5,15 b
Cycle 3	2,65 c
P>F	<0,0001

Les chiffres suivis d'une même lettre sur la même ligne et à l'intérieur de chaque colonne ne diffèrent pas significativement suivant chaque paramètre. P>F : probabilité selon le test.

Tableau 2 : Rendement moyen en grain des différents traitements selon les cycles de culture.

Average grain yield of the different treatments according to the crop cycles.

LES	RENDEMENT EN GRAIN (t ha ⁻¹)							
	NPK	NPKCa	NPKCaMg	NPKCaZn	NPKMg	NPKZn	NPKCaZnMg	Témoïn
Cycle 1	5,58a	5,90a	7,68a	6,10a	6,83a	7,21a	6,25a	4,98a
Cycle 2	3,91ab	5,46a	5,16ab	5,52a	5,62a	5,41ab	5,49a	4,67ab
Cycle 3	2,48b	2,68a	3,09b	2,49b	2,61b	2,79b	2,33a	2,75a
GM	3,98	4,68	5,31	4,70	5,02	5,15	4,68	4,13
P>F	0,031	0,120	0,024	0,003	0,033	0,028	0,137	0,075

Les chiffres suivis d'une même lettre sur la même ligne et à l'intérieur de chaque colonne ne diffèrent pas significativement suivant chaque paramètre. GM: Rendement Moyen général ; P>F : probabilité selon le test.

EFFETS DES FERTILISANTS SUR LE SOL

Le tableau 3 montre les résultats d'analyse chimique du sol avant l'essai (Avant) et après chacun des trois cycles de culture. Globalement, on observe une baisse des teneurs du sol en C,

N, Ca, Mg et K couplées à celles du pH et de la CEC. En revanche, il y'a une augmentation des teneurs en phosphore assimilable (Pas) et le total des oxydes de fer libre (Fe₂O₃). Il y a donc une dépréciation globale de la fertilité chimique du sol au fil des cycles de culture.

Tableau 3 : Teneurs moyennes du sol en éléments chimiques avant l'expérience et après les différents cycles de culture.

Average soil chemical element content before the experiment and after the different crop cycles.

	Avant ±	Après cycle 1	Après cycle 2	Après cycle 3
pHeau	5,5	5,68 ± 0,312	5,42 ± 0,235	5,44 ± 0,235
C-org (gkg ⁻¹)	3,12	0,86 ± 0,222	0,95 ± 0,262	0,91 ± 0,319
Nt (gkg ⁻¹)	0,31	0,08 ± 0,021	0,09 ± 0,022	0,08 ± 0,022
Pas (ppm)	15	16,77 ± 7,212	17,36 ± 5,032	18,00 ± 4,914
Ca (cmolk ⁻¹)	3,05	1,99 ± 0,478	2,13 ± 0,381	1,83 ± 0,615
Mg (cmolk ⁻¹)	2,26	1,42 ± 0,203	1,78 ± 0,156	1,27 ± 0,417
K (cmolk ⁻¹)	0,08	0,07 ± 0,013	0,09 ± 0,011	0,06 ± 0,023
Fe ₂ O ₃ libre (ppm)	–	1206,65 ± 209,255	1353,06 ± 318,948	1788,96 ± 315,349
CEC (cmo.kg ⁻¹)	20,2	8,35 ± 2,803	9,08 ± 2,116	9,07 ± 2,239

DISCUSSION

CONTRAINTES BIOTIQUES SUR LE RENDEMENT DU RIZ

Parmi les contraintes biotiques on note les mauvaises herbes. Ainsi, Poaceae, Cyperaceae et Fabaceae ont été déterminées dans la zone d'étude comme y étant les familles botaniques les plus répandues. Cela constitue une alerte pour les riziculteurs de cette zone, étant donné la résistance des espèces concernées vis-à-vis des méthodes de contrôle (Rodenburg et

Johnson, 2009). Ces familles sont d'une diversité floristique et peuvent contraindre les rendements en grain de riz jusqu'à 60 p.c. de réduction par rapport aux prévisions (Mesquita et al., 2013). Une telle contrainte biotique impose 2 à 3 périodes de désherbage, soit 15, 30 et 45 jours après la transplantation du riz (Awotundun, 2004). Or, durant cette expérimentation, le désherbage a été effectué à deux reprises, 21 jours et 45 jours après repiquage. Outre l'effet des traitements, cela pourrait, non seulement expliquer le plafonnement du rendement en grain de riz.

Effet de la fertilisation minérale sur la production du riz

Le sol du site expérimental était pauvre en Carbone organique (3.12 gkg^{-1}) occasionnant un faible taux de la matière organique couplée avec une faible teneur en potassium échangeable ($<0.10 \text{ cmolkg}^{-1}$) qui ne serait pas lié selon le rapport K/CEC (Jones and Wild, 1975). La déficience en azote-N total serait plus vraisemblable dans l'agro écosystème étudié, qui est caractérisé par un faible rapport C/N en tant que sol tropical alors que l'acidité y est modérée de façon favorable à la disponibilité d'un grand nombre d'oligo-éléments, en particulier le bore (Bo), le manganèse (Mn), le fer (Fe), cuivre (Cu) et Zn (Brady et bien, 1996).

A la lumière de cette analyse, on s'attendait à une réponse du riz à la fertilisation minérale pour une faible application de N et de K, ce qui s'est d'ailleurs avéré insuffisant durant l'expérience, en dépit d'un rendement en grain croissant pour le traitement NPKCaMg comparativement au témoin. En revanche, les taux de 80 kgha^{-1} de N, 10 kgha^{-1} de P et 75 kgha^{-1} de K ont été recommandées dans le même bas-fond pour un bon rendement ($2,34$ à $2,26 \text{ tha}^{-1}$) de NERICAL19 (Akassimadou *et al.*, 2014) ; tandis que le traitement actuel de NPK (100 kgha^{-1} de N, 60 kgha^{-1} de P et 50 kgha^{-1} de K) a induit un rendement moyen de $3,98 \text{ tha}^{-1}$. Cependant, il y a une possibilité d'augmenter le rendement en grain de riz lors de l'application d'un taux élevé de potassium (75 kgha^{-1} de K) alors que, seulement 50 kgha^{-1} de K est actuellement appliqué et a été préconisé pour la recapitalisation de la quantité de K exportée par le riz et le maintien de la production de riz sur les saisons de culture. En outre, il a été jugé que 80 kgha^{-1} de N est le taux optimal dans les bas-fonds de la savane guinéenne (Becker et Johnson, 2001).

En effet, les fertilisations composées de calcium-Ca sont caractérisées par un rendement en grain très proche du témoin. Cependant, cette menace a vraisemblablement été atténuée lors de l'ajout de Mg à NPKCa (5.31 tha^{-1}) ou de l'application de NPKZn (5.15 tha^{-1}) qui contraste avec le traitement NPKCaMgZn ($4,69 \text{ tha}^{-1}$) qui produit moins.

Bien que les rendements en grain enregistrés soient similaires à ceux de différents bas-fonds intérieurs en savane guinéenne (Becker et Johnson, 2001) ; les résultats de l'étude

proprement dite sont affectés par la gestion du N et K qui auraient contribué à atténuer la différence de rendement entre les traitements (excès de N) et approfondi l'épuisement du sol en éléments nutritifs (K) au cours des saisons culturales couplées à une baisse de rendement. Une baisse significative de rendement est observée dans les traitements caractérisés par un rendement plus élevé pendant la première saison de culture.

Comme fertilisation devant soutenir la production continue du riz dans les agro-écosystèmes tropicaux (Roy *et al.*, 2006), nous avons préconisé NPKZn et NPKCaMg qui ont eu des effets similaires et meilleurs, et déterminé pour l'occasion NPKCaMg comme meilleure pratique de fertilisation.

CONCLUSION

Cette étude avait pour objectif de déterminer un type de fertilisation minérale pour soutenir la riziculture de bas-fond, dans le M'Bé Foro Foro, à Bouaké au centre de la Côte d'Ivoire. Il ressort qu'il y'a eu une dépréciation globale de la fertilité chimique du sol. Ainsi une baisse des teneurs en éléments fertilisants du sol a été constatée au fil des cycles de culture, excepté pour les teneurs en oxyde de fer de l'étude (Fe_2O_3) et phosphore (P) ainsi qu'en ion (NH_4^+). La gestion de l'azote-N et du potassium-K demeure la préoccupation majeure pour le maintien de la production de riz en savane guinéenne sur fluvisol. Une baisse significative de rendement est observée dans les traitements caractérisés par un rendement plus élevé pendant la première saison de culture. Cette situation est probablement consécutive au déséquilibre causé par l'élimination des nutriments. L'étude a également souligné que les fertilisations NPKZn et NPKCaMg améliorent les rendements, et que NPKCaMg est la meilleure pratique de fertilisation.

BIBLIOGRAPHIE

- Agrimonde. 2009. In Mendez del Villar p. Bauer JM, 2013. Le riz en Afrique de l'Ouest : dynamiques, politiques et perspectives. Cah Agric 22 : 336-44. doi : 10.1684/a9r.2013.0657
- FAO. 2002. Le sorgho à sucre en Chine Agriculture, pp. 2-21.

- Bangata BM, Ngbolua K.N, Ekutsu E. et Kalonji-Mbuyil A. 2013. Comportement de quelques lignées de riz NERICA en culture de bas-fond dans la région de Kinshasa, République Démocratique du Congo (RDC). *International Journal of Biological and Chemical Sciences* 7(1) : 25-32
- Bationo A., Waswa B., Kihara J., Kimetu J. 2009. *Advances in Integrated Soil Fertility Management in Sub-Saharan Africa: challenges and opportunity*, Springer, New York, 191 p.
- Becker M., Johnson D.E. 1999. Rice yield and productivity gaps in irrigated systems of the forest zone of Côte d'Ivoire. *Field Crops Res*, 60, pp. 201-208.
- Diatta S. et Sahrawat K.L. 1997. Performance de quatre cultivars de riz avec et sans engrais sur sol gris sableux de bas versant dans la région centrale de Côte d'Ivoire, 49 p.
- Diatta S., Bertrand R., Herbillon A. et Sahrawat K.L. 1998. Genèse des sols d'une séquence sur granito-gneiss en région centre de la Côte d'Ivoire. *Enregistrement scientifique n° 124, Symposium n° 15*, 8 p.
- Diatta S., et Koné B. 2003. Etude morpho-pédologique et hydrologique du bas-fond de Foro-foro. *Projet PBF, PAM-ADRAO*, 30 p.
- Gala Bi T.J., Camara M., N'gbesso M. et Keli Z.J. 2010. Fiche technique : Bien fertiliser le riz pluvial en Côte d'Ivoire. Réalisation : Direction des programmes de recherche et de l'appui au développement-Direction des innovations des systèmes d'information, 2 p.
- Koné B., Yao-Kouamé A., Ettien J.B. et Camara M. 2009. Dégradation de la fertilité chimique temporelle des Ferralsols soumis annuellement aux feux de brousses en zone de savane guinéenne de l'Afrique de l'Ouest. *Sciences et Médecine, Rev, CAMES-Série A*, 09 : pp. 60-66.
- Nwilene F.E.K.F., Nwanze et Okhidievbe O. 2006. *African Rice Gall Midge: Biology, and control-Field guide and technical manuel*, Africa Rice center (WARDA), Cotonou, Benin, 24 p.
- Ponnamperuma F.N. 1972. The chemistry of submerged soils. Pages 29 - 97, *Advances in Agronomy*, N.C. Brady (eds). Academic Press, New York.
- Sanchez, P.A. 1976. *Properties and management of soils in the tropics*. John Wiley et fils, New York. 618 p.
- Sanogo S., Diarrassouba M., Doumbouya M., Amara M. 2020. Evaluation des performances agromorphologiques de neuf variétés améliorées de riz de bas-fond (05 Nerica et 04 Sativa) au sud-ouest de la cote d'ivoire (département de Gagnoa, région de Goh). *Agronomie Africaine* 32 (2) : 239 - 250.
- USDA. 2022. Côte d'Ivoire : la production de riz blanchi. <https://www.agenceecofin.com › riz › 2023-usda>