



Rentabilité des engrais minéraux en riziculture pluviale de plateau : Cas de la zone de Gagnoa dans le centre ouest de la Côte d'Ivoire

[Profitability of mineral fertilizers on rainfed upland rice cultivation: case of Gagnoa zone in the middle west of Côte d'Ivoire]

GALA BI Trazié Jérémie^{1*}, CAMARA Maméri², YAO-KOUAME Albert¹, KELI Zagbahi Jules²

¹ Département Sciences des sols, UFR Sciences de la Terre et des Ressources Minières, Université de Cocody, Côte d'Ivoire, 22 BP 582 Abidjan 22 ; ² Centre National de Recherche Agronomique, 01 BP 1740 Abidjan 01, Côte d'Ivoire.

* Auteur correspondant : e-mail : gala_trazie@yahoo.fr

Original Submitted In 9th September 2011. Published online at www.biosciences.elewa.org on October 28, 2011.

RESUME

Objective : L'utilisation des engrais chimiques et d'une variété améliorée de riz, NERICA1, a été explorée, en vue de contribuer à la sécurité alimentaire des populations ivoiriennes par l'amélioration de la productivité du riz.

Méthodologie et résultats : Un essai a été mis en place dans l'une des principales zones de production du riz, en zone forestière semi-décidue, dans le centre ouest de la Côte d'Ivoire, pour étudier la rentabilité de l'engrais chimique actuellement vulgarisée : le NPK 12 : 24 : 18, mis au point par une société de fabrication d'engrais. Différentes doses de cette formule, à savoir, 0, ¼, ½, ¾ et dose complète ont été testées. Les observations ont porté sur le taux de recouvrement des talles à l'initiation paniculaire, le nombre de talles totales, le taux de talles fertiles, la hauteur à la maturité, la biomasse produite et le rendement en grain paddy. Les résultats montrent que tous les paramètres agronomiques croissent avec l'augmentation de la dose d'engrais, sauf le rendement en grain paddy. En effet, le rendement le plus élevé a été obtenu pour ¼ de dose, c'est-à-dire 50 kg/ha d'engrais NPK 12 : 24 : 18 auxquels sont associés 25 kg/ha d'urée 46 p.c. N. Cela a été attribué en partie au stress hydrique pendant la phase de remplissage des grains.

Conclusion et application : Ainsi, la réduction de la dose d'engrais et la meilleure valorisation constatée des faibles doses d'engrais minéraux constituent un moyen approprié d'adaptation au stress hydrique de plus en plus perceptible avec le changement climatique. Par ailleurs, cette étude constitue un apport à la fertilisation raisonnée en riziculture pluviale, dans un contexte où la cherté des engrais minéraux est très souvent un frein à l'utilisation de ces fertilisants, pourtant nécessaires à l'intensification de la riziculture.

Mots clés : NERICA1, sécurité alimentaire, dose d'engrais, rentabilité, stress hydrique, changement climatique.

ABSTRACT

Objective: In order to contribute to food security in Côte d'Ivoire by improving rice productivity, the use of chemical fertilizers and an improved rice variety, NERICA1 was explored. A trial was set up in one of the main rice producing areas in the semi-deciduous forest region in central western Côte d'Ivoire, to study the profitability of using NPK 12; : 24 : 18, currently being promoted by a company manufacturing fertilizers.

Different doses of this formula, i.e. 0, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$ and full dose were tested. The observations were made on the recovery rate of tillers at panicle initiation, the total number tillers, the rate of fertile tillers, rice height at maturity, biomass production and paddy grain yield. The results showed that all agronomic parameters increase with increasing fertilizer dose, except grain yield of paddy. The highest yield was obtained with the quarter dose treatment, provided at 50 kg/ha of NPK and 25 kg/ha of urea (46 % of nitrogen). This was attributed in part to water stress during the grain filling.

Conclusion and potential application of results: Reducing the amount of fertilizer and better use of low doses observed with mineral fertilizers is an appropriate adaptation to water stress that is increasingly noticeable with climate change. This study also contributes to fertilization management of upland rice in a context where the high cost of inorganic fertilizers is often an obstacle to their use for the intensification of rice production.

Key words: NERICA1, food security, fertilizer dose, profitability, water stress, climatic change

INTRODUCTION

Le riz, première céréale consommée en Côte d'Ivoire, est cultivé dans toutes les zones agroécologiques. De récentes estimations chiffrées la production nationale annuelle en riz blanchi à 303 938 tonnes, pour des besoins annuels de 1 112 717 tonnes (FIRCA, 2011), et une consommation annuelle par habitant de 58 kilogramme (Bagal et Vittori, 2010). Ces chiffres révèlent un déficit de production de plus de 50 p.c. et obligent l'Etat ivoirien à recourir à des importations massives estimées, en 2008 à 757 000 tonnes, soit l'équivalent de 209 milliards de F CFA (Amancho *et al.*, 2009 ; Kouabli, 2010). Pour augmenter la production nationale de riz, il est nécessaire de prendre en compte la riziculture pluviale, qui est le mode de production le plus pratiqué, avec 90% des superficies emblavées et 80% de la production, mais reste encore de type extensif et itinérant (Charpentier *et al.*, 1999). Ce mode d'exploitation, combiné avec la croissance démographique (3% par an ; RGPH, 1998) et les perturbations climatiques de ces dernières années, a pour conséquence une pression foncière de plus en plus marquée. Cela a entraîné la réduction de la durée de la jachère, qui passe de 10-15 ans, au cours de la période 1970-1980, à 3 ans voire 2 ans

(Gala *et al.*, 2007). Ces contraintes ont contribué à la baisse de la fertilité des sols et à celle du rendement.

Pour pallier ces baisses, il s'agit entre autre, de la fertilisation minérale par les engrais chimiques (Gigou, 1992 ; Roose *et al.*, 2008), de la fertilisation organique par l'utilisation de compost, d'engrais vert, de légumineuses fixatrices d'azote atmosphérique (Harmand et Ballé, 2001), de fumier, de la fiente, (Ganry *et al.*, 2000), de l'utilisation des techniques culturales par la pratique des associations culturales, et des rotations et des assolements (Kouadio, 2003 ; Melendez *et al.*, 2003 ; Lompo, 2008 ; Roose *et al.*, 2008). Ces différentes propositions ont une incidence financière que ne peut supporter le paysan qui pratique une agriculture de subsistance.

La présente étude vise à explorer la voie de rentabilité des doses engrais minéraux utilisés comme fertilisants sur une des variétés améliorées de riz, le NERICA1, à Gagnoa, l'une des principales zones de production du riz, dans la forêt semi-décidue du centre-ouest de la Côte d'Ivoire.

MATERIELS ET METHODES

Caractéristiques du site : L'étude est réalisée à Gagnoa (06°08'16"N et 05°53'52" W), au Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire. Le régime pluviométrique est bimodal, avec un pic en juin et l'autre en octobre. Mais, le calendrier cultural habituel du riz (avril à août) dans

la zone de l'étude présente une période de déficit hydrique observé entre juillet et août (figure 1). La végétation est une forêt semi-décidue, remplacée de nos jours, dans une grande proportion, par une jachère à dominance de *Chromolaena odorata*. C'est sur cette

jachère naturelle, que les travaux ont été menés. Les ferralsols, développés sur des roches granitiques, y sont prépondérants. Quelques caractéristiques chimiques et physico-chimiques du sol sont consignées dans le tableau 1.

Matériel végétal : La variété de riz améliorée NERICA1 a été exclusivement utilisée à cause de

l'intérêt que les paysans de la région lui accordent, ainsi que pour son potentiel de rendement et de sa résistance au stress hydrique. Il s'agit d'une variété interspécifique, issue d'un croisement entre les espèces *Oryza. glabberima* et *Oryza. sativa*.

Tableau 1 : Quelques caractéristiques chimiques et physico-chimique du sol de Gagnoa.

Paramètre	pHeau	C (g.kg ⁻¹)	N Total (g.kg ⁻¹)	P Total (mg.kg ⁻¹)	P ass. (mg.kg ⁻¹)	N/P total	N/P ass.	C/N
Valeur	5,6	1,58	0,17	288	54	5,9	31,5	9

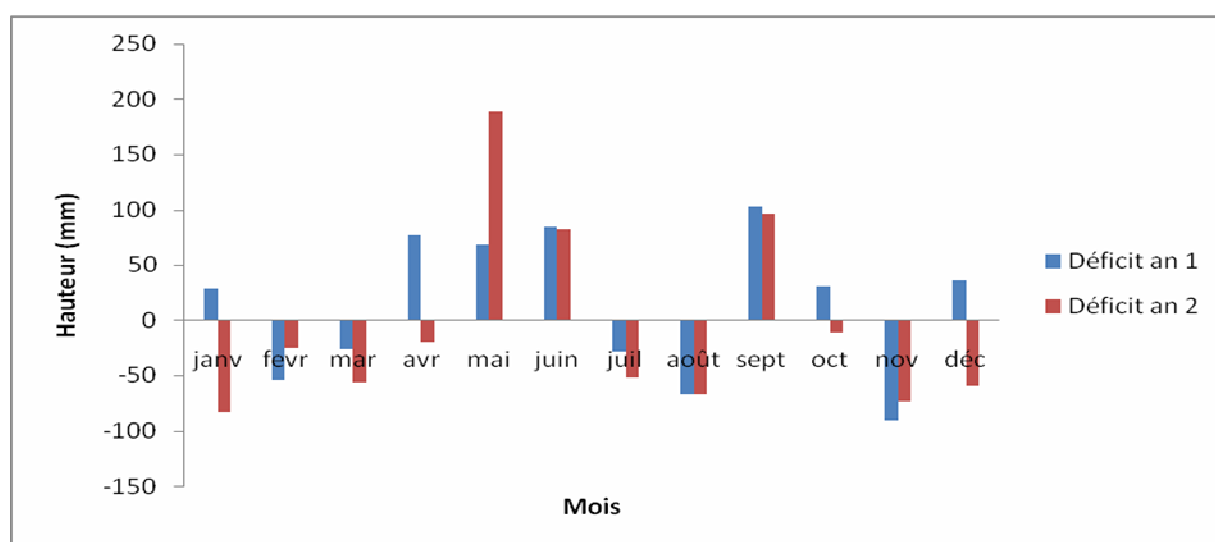


Figure 1 : Déficit hydrique à Gagnoa pendant les deux années (2005 et 2006) de l'essai.

Mise en place de l'essai : Les traitements sont constitués de cinq doses d'engrais consigné dans le tableau 2.

Tableau 2 : Traitements appliqués.

Traitement	Niveau	NPK (kg/ha)	Urée (kg/ha)
T ₀	Témoin absolue	0	0
T ₁	¼ de la dose vulgarisée	50	25
T ₂	½ de la dose vulgarisée	100	50
T ₃	¾ de la dose vulgarisée	150	75
T ₄	Dose complète	200	100

L'essai comporte 4 blocs de Fisher, avec 5 traitements. Les traitements sont appliqués sur des parcelles élémentaires de 24m² (4m x 6m). Le semis a été fait en mai et la récolte en août. Toute la quantité de NPK a été appliquée comme engrais de fond, et l'urée a été divisée en deux doses égales, appliquées au tallage (21^e jour après le semis) puis au début de l'initiation paniculaire (35^e jour après le semis). Les observations

ont été effectuées sur chaque parcelle élémentaire, dans 3 carrés de rendement de 1m² chacun, après le démariage à un plant/poquet. Cela a permis d'avoir 3 répétitions par traitements au niveau de chaque bloc.

Mesures réalisées et paramètres calculés : Le tallage a été évalué par le comptage des talles totales et le taux de recouvrement du sol à l'initiation paniculaire, le comptage de talles totales à la maturité

et le comptage de talles fertiles. La hauteur du riz, à maturité, a été mesurée. La quantité de matières produite a été déterminée par la pesée de la paille fraîche et séchée. Enfin, les rendements ont été quantifiés par la pesée des grains de riz paddy.

Pour chaque traitement (T_i), le gain de rendement (GR) et le taux de valorisation de l'engrais (VE) ont été calculés par rapport au rendement du témoin (R_{T0}) et à la dose d'engrais (D_i) correspondante :

$$GR = RT_i - RT_0 \quad (1) \quad \text{et} \quad VE = GR/D_i \quad (2).$$

i étant le numéro d'ordre du traitement (1, 2, 3, 4).

Analyses statistiques : Les résultats obtenus ont été statistiquement analysés à l'aide du logiciel ASSISTAT version 7.6. L'analyse de variance (ANOVA) a été complétée avec le test de Tukey au seuil de 5 p.c., chaque fois qu'une différence significative a été décelée entre les moyennes.

RESULTATS

Tallage à l'initiation paniculaire : Le nombre de talles croît avec l'augmentation de la dose d'engrais vulgarisée. Il évolue en moyenne, de 4 talles/pied sans apport d'engrais, pour atteindre 5 talles/pied avec le quart de la dose d'engrais recommandée, et reste égale à environ 6 talles/pieds à partir de la moitié de la dose. Cela traduit une différence significative observée entre les nombres moyens de talles par m^2 , observée avec les différents traitements. La classification selon le test de Tukey aboutit à trois groupes distincts. Il s'agit du témoin, qui a les plus faibles quantités de talles (soient 108 et 100 talles/ m^2 respectivement pour les deux années consécutives) statistiquement différent du quart de dose avec 130 et 122 pendant les deux années consécutives et le troisième groupe est composé des trois doses croissantes (demi dose, trois quart de dose et dose complète). Pour ce dernier groupe, le nombre de talles le plus élevé est 161 talles/ m^2 , obtenu pour la dose complète, dans la première année.

Le taux de recouvrement passe de 53 et 55 p.c. avec le traitement sans engrais et à 78 et 79 p.c. avec la plus forte dose d'engrais. La différence significative constatée entre les moyennes établit un effet positif de l'engrais sur l'évolution du taux de recouvrement. Chaque quart de la dose d'engrais vulgarisé a engendré, en moyenne, un gain de taux de recouvrement d'environ 6 p.c. Mais, le gain de taux de recouvrement a été plus fort, en passant du témoin au quart de la dose recommandée (environ 8 p.c.), et plus faible, en passant de trois quart de dose à la dose complète (environ 4 p.c.).

La relation entre le tallage et le taux de recouvrement peut être modélisée par une équation du second degré (figure 2). Avec un coefficient de régression de $r = 0,996$, cette corrélation est hautement significative au seuil $\alpha = 0,01$. Du témoin aux doses intermédiaires d'engrais, la production d'une talle entraîne un effet de recouvrement plus significatif que lors du passage des doses intermédiaires à la dose complète d'engrais.

Tableau 3 : Caractéristiques du tallage à l'initiation paniculaire.

Traitements	Tot ip (talle/ m^2)		Talle moyen (talle/plant)		Tx rec ip	
	An 1	An 2	An 1	An 2	An 1	An 2
T_0 (témoin : 0 dose)	108c	100 c	4	4	55c	53d
T_1 (1/4 dose)	130b	122 b	5	5	63b	61cd
T_2 (1/2 dose)	141a	143a	6	6	69b	68bc
T_3 (3/4 dose)	157a	148a	6	6	77a	74ab
T_4 (dose complète)	161a	159a	6	6	79a	78a
F	5,16**	14,76**	-	-	35,93**	22,42**
P	0,003	<0,001	-	-	<0,001	<0,001
CV (p.c.)	15	16	-	-	8	11

Le test de Tukey à un niveau de 5% de probabilité a été appliqué. Les moyennes suivies par la même lettre, le long des colonnes, ne sont pas statistiquement différentes.

Tot ip : nombre de talles totales.

Talle moyen : nombre moyen de talles par plant de riz.

Tx rec ip : Taux de recouvrement du sol par les talles.

Tallage et hauteur à la maturité : Globalement, le nombre de talles à la maturité croît avec l'augmentation de la dose d'engrais. Les observations sur le nombre de talles totales ont donné, en moyenne 117 et 125 talles/m² avec le traitement témoin, et entre 163 et 152 talles/m² avec la dose complète. Cette tendance est inversée pour le taux de talles fertiles, ce qui est plus perceptible avec les résultats de la première année, où

le taux de talles fertiles le plus élevé (48,7 p.c.) a été obtenu pour le traitement témoin (Tableau 4). Il existe une corrélation négative entre le taux de talles fertiles à maturité et les doses croissantes de fumure minérale (figure 3). Mais, pour les deux années consécutives les coefficients de corrélation, respectivement de $r = -0,569$ et $r = -0,294$ ne sont pas significatifs.

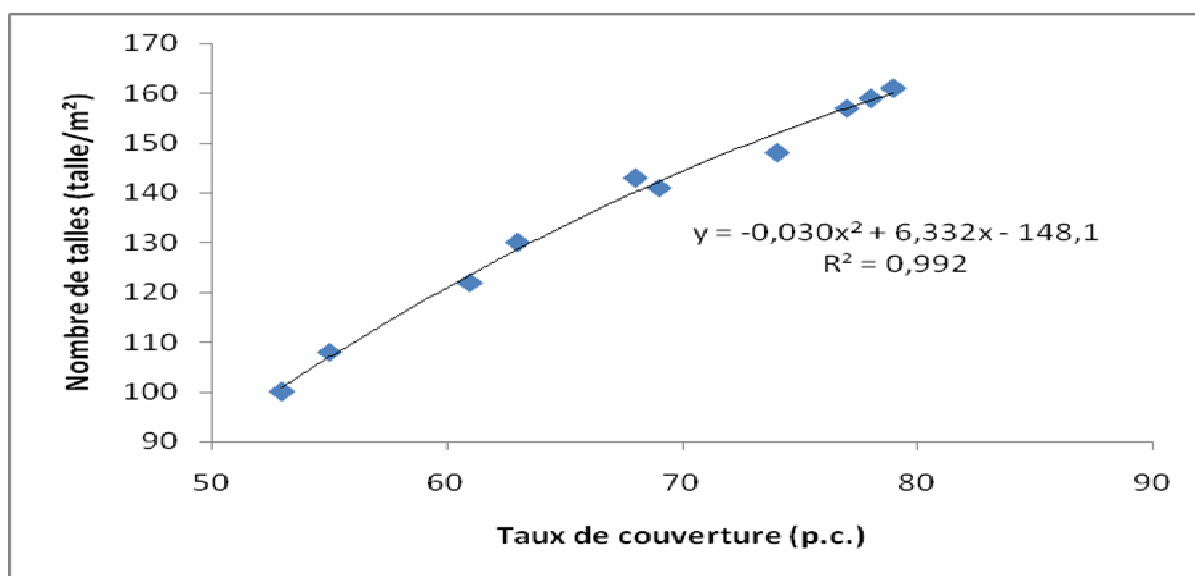


Figure 2 : Relation entre le tallage et le taux de recouvrement du sol.

Tableau 4 : Talles totales, talles fertiles, Taux talles fertiles et hauteur à la maturité du riz.

Traitements	Tot mat (talle/m ²)		Tf (talle/m ²)		Tx Tf (p.c.)		H (cm)	
	An 1	An 2	An 1	An 2	An 1	An 2	An 1	An 2
T ₀ (témoin : 0 dose)	117 c	125 b	57 c	66 b	48,7	52,8	91,3 b	81,3 b
T ₁ (1/4 dose)	132 b	129 b	61 c	67 b	46,2	51,9	92,4 b	86,7a
T ₂ (1/2 dose)	160a	149a	63 bc	91a	39,4	61,1	92,7 b	87,5a
T ₃ (3/4 dose)	159a	144a	70ab	66 b	44,0	45,8	94,4ab	88,8a
T ₄ (dose complète)	163a	152a	71a	77 b	43,6	50,7	97,5a	89,6a
F	18,06**	5,24**	4,97**	5,16**	-	-	3,04*	7,53**
P	<0,001	0,002	0,002	0,003	-	-	0,028	<0,001
CV (p.c.)	11	13	15	19	-	-	5	5

Le test de Tukey à un niveau de 5% de probabilité a été appliqué. Les moyennes suivies par la même lettre, le long des colonnes ne sont pas statistiquement différentes.

Tot mat : Talles totales à maturité Tf : Talles fertiles Tx Tf : Taux de talles fertiles H : Hauteur du riz.

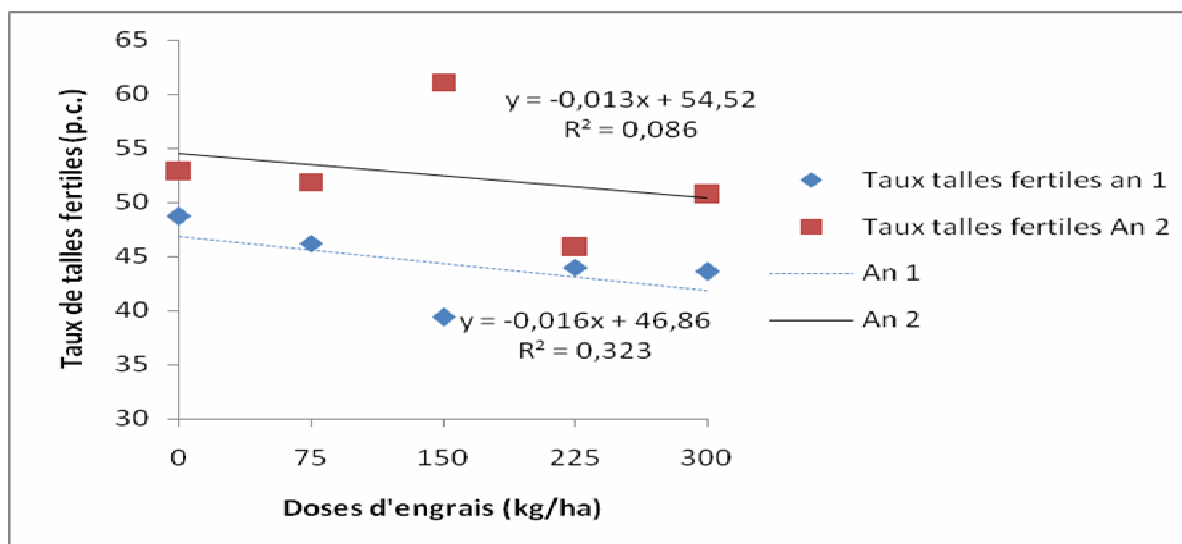


Figure 3 : Evolution du taux de talles fertiles en fonction des doses croissantes d'engrais.

La hauteur du riz à la maturité augmente avec les doses croissantes d'engrais. La valeur, la plus élevée est 97,5 cm atteinte pendant la première année. Les tests statistiques montrent l'effet significatif de l'apport d'engrais sur la croissance en hauteur. Cet effet a été

plus marqué avec le quart de dose, à la deuxième année de l'essai, et, à un degré moindre pour la première année, où un fort taux de croissance en hauteur a été constaté pour la dose complète d'engrais (figure 4).

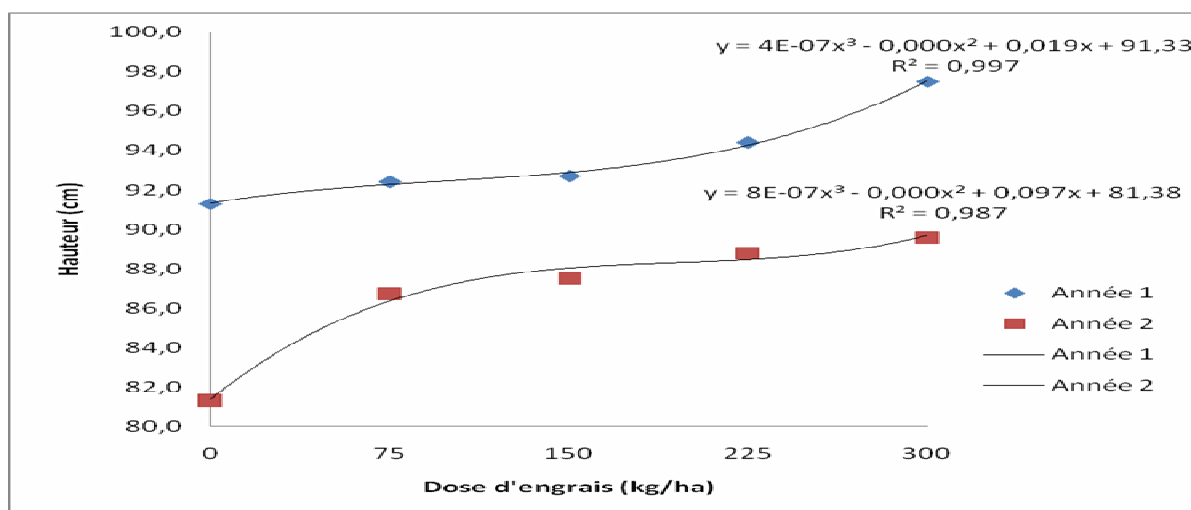


Figure 4 : Croissance en hauteur du riz à Gagnoa.

Biomasse : La tendance générale est à l'accroissement pour tous les paramètres de la biomasse, avec l'augmentation de la dose d'engrais (tableau 5). Ainsi, la dose complète d'engrais, a produit la plus grande quantité de matière fraîche et sèche sur les deux années. Mais, la dose complète ne produit pas

toujours des valeurs statistiquement différentes de celles des traitements intermédiaires. Il en est de même pour la quantité d'eau stockée par la plante, qui représente plus de 50 p.c. de la biomasse produite sous les différents traitements.

Tableau 5 : Biomasse aérienne du riz et taux d'humidité contenue dans la biomasse.

Traitement	Paille fraîche (kg/ha)		Paille sèche (kg/ha)			Teneur en eau de la paille (kg/ha)	
	An 1	An 2	An 1	An 2	An 1	An 2	
T ₀ (témoin : 0 dose)	6259c	7199c	2813b	3225c	3446	3974	
T ₁ (1/4 dose)	6522b	8432bc	2967b	3808bc	3555	4624	
T ₂ (1/2 dose)	6837b	8928bc	3205ab	4254b	3632	4674	
T ₃ (3/4 dose)	7083b	9565ab	3196ab	4618b	3887	4947	
T ₄ (dose complète)	7693a	11713a	3615a	5595a	4078	6118	
F	7,66**	12,51**	2,92*	16,06**	-	-	
P	<0,001	<0,001	0,033	< 0,001	-	-	
CV (p.c.)	17	18	19	18	-	-	

Le test de Tukey à un niveau de 5% de probabilité a été appliqué. Les moyennes suivies par la même lettre, le long des colonnes ne sont pas statistiquement différentes.

Rendements grains paddy : Pour les deux années, le quart de la dose recommandée d'engrais a donné les meilleurs rendements, avec, 1021 et 905 kg/ha, respectivement pour la première et deuxième année. Le test de Tukey montre qu'il existe un effet significatif L il existé un effet significatif entre es doses l'engrais

sur le rendement en grain paddy. Toutefois, en première année, cet effet significatif est profitable pour le quart et la moitié de la dose vulgarisée, tandis qu'en deuxième année, cet effet est profitable seulement pour le quart de dose d'engrais (Tableau 6).

Tableau 6 : Rendement, gain de rendement et taux de valorisation de l'engrais.

Traitements	RDT paddy (kg/ha)		GR (kg/ha)		VE	
	An 1	An 2	An 1	An 2	An 1	An 2
T ₀ (témoin : 0 dose)	802 b	864 b	0 b	0ab	0b	0
T ₁ (1/4 dose)	1021a	905 b	219a	41a	2,92a	0,55
T ₂ (1/2 dose)	1018a	785ab	216a	-79ab	1,44b	NV
T ₃ (3/4 dose)	960ab	774ab	158ab	-90ab	0,70b	NV
T ₄ (dose complète)	938ab	690a	136ab	-174ab	0,45b	NV
F	5,41**	3,49*	5,08*	3,49*	7,28**	NV
P	0,009	0,041	0,031	0,041	0,003	NV
CV (p.c.)	8	11	56	39	80	NV

Le test de Tukey à un niveau de 5% de probabilité a été appliqué. Les moyennes suivies par la même lettre, le long des colonnes ne sont pas statistiquement différentes. RDT : Rendement en grain paddy

GR : Gain de rendement. VE : taux de valorisation de l'engrais

NV : non valide.

DISCUSSIONS

Selon les barèmes de fertilité établie par Dabin (1961), les sols du site de l'étude pourraient être qualifiés de bons. Tout au moins, dans leur état initial, l'azote n'est pas un facteur limitant pour ces sols cultivés du Centre Ouest (Gigou, 1992). Cependant, le rapport N total/P₂O₅ assimilable qui est supérieur à 30, révèle une carence initiale en Phosphore, dont la correction est nécessaire, pour une réponse optimale à l'apport de tout autre élément fertilisant (Flisch, 2007). L'opportunité de l'utilisation des engrais minéraux se

révèle ici, dans le fait que la quasi-totalité des paramètres agronomiques (tallage, hauteur, biomasse) ont des valeurs croissantes avec l'augmentation de la dose d'engrais. Ce qui montre que le site de l'étude valorise les engrais minéraux en fonction de la composition chimique initiales du sol (Jürgen, 1976 ; Vilain, 1997).

Le taux de recouvrement, aptitude de la plante à couvrir le sol (Husson *et al.*, 2008) et valeur fortement corrélée avec le nombre de talles, réduit les pertes par

évaporation au niveau du sol. Mais l'augmentation du nombre de talle avec l'apport d'engrais à doses croissantes entraîne l'augmentation des besoins hydriques de la plante comme l'atteste l'évolution de la quantité d'eau stockée dans les différents organes.

La supériorité des rendements obtenus avec les doses intermédiaires, notamment le quart de la dose d'engrais vulgarisée conduit à l'hypothèse de l'existence d'un effet dépressif de l'engrais sur le rendement. Cet effet dépressif de l'engrais sur le riz de plateau fertilisé a même été comparé à un cas de pathologie du riz (N'Cho *et al.*, 2001). La chute du rendement observée avec les doses d'engrais minéraux les plus élevées (alors que le nombre de talles fertiles croît), montre que la phase de remplissage des grains est un stade déterminant dans l'élaboration du rendement et qu'elle aurait été perturbée (Lacharme, 2001 ; Akintayo *et al.*, 2008). Les fortes doses d'engrais produisant de grandes quantités de biomasse, dont l'élaboration et l'entretien nécessitent une plus quantité d'eau (Lelièvre, 1999), le déficit hydrique du mois d'août permet de dire que le stress hydrique serait, en dehors de tout autre facteur édaphique, responsable de la chute du rendement pour les doses d'engrais les plus élevées (Chaudhary *et al.*, 2003). A cet effet Dicko (2005) montre le rôle important joué par l'eau dans l'efficacité des engrais minéraux. Les fortes doses d'engrais engendrent par conséquent des besoins hydriques élevés que la plante n'arrive pas à couvrir ; ce qui entraînerait une réduction drastique du rendement grain (Garrity and O'Toole, 1995 ; Lafitte, 2002). Dans ce contexte, les traitements correspondant aux faibles apports minéraux produisent les plus faibles quantités de talles et conduisent aux meilleurs rendements (Koné *et al.*, 2008).

Les meilleures réponses du riz à des doses modérées de fertilisants minéraux sont conformes à d'autres résultats de recherche qui ont montré que ce comportement du riz, est une adaptation à la gestion

des risques climatiques (Koné *et al.*, 2009). La réduction des apports d'engrais minéraux est une des pratiques dont Lafitte *et al.* (2004) évoquent le nombre très limité, pouvant améliorer la tolérance à la sécheresse. Les résultats de la deuxième année pendant laquelle le stress hydrique a été plus sévère confirment ce fait. Par ailleurs, les fortes doses d'engrais minéraux pourraient-ils laisser dans le sol autant d'éléments pouvant perturber en retour la nutrition minérale. C'est le cas des ions H^+ , agents acidifiants, qui peuvent être libérés, par la décomposition de l'urée. Or la baisse du pH pourrait entraîner l'indisponibilité du Phosphore (Dabin, 1963) et la perturbation de plusieurs autres réactions favorisant l'absorption des éléments nutritifs par la plante (Dicko, 2005).

A partir du quart de la dose recommandée d'engrais, toute augmentation de dose s'exprime par une baisse de rendement qui est estimée en moyenne à 0,37 kg de paddy et 6,03 kg de paddy par unité d'engrais (1 kg/ha). Cela pose le problème de la recherche de la dose économique dans les apports d'engrais minéraux (Vilain, 1997). Les valeurs relativement faibles enregistrées pour plusieurs paramètres notamment, le nombre de talle, la hauteur et le rendement comparativement à d'autres résultats obtenus sur la même variété ou des variétés similaires (Koné *et al.*, 2009), pourraient se justifier par le nombre de plants au démarrage. En effet, le démarrage à un plant par poquet permet d'observer toutes les caractéristiques propres du végétal. L'analyse de tous ces résultats, montre que pour une densité de semis de 20 cm x 20 cm, le démarrage à deux plants par poquet serait optimal. Pour d'autres essais réalisés sur d'autres sites, avec des variétés améliorées, les plus faibles taux de talles fertiles étaient de 75 p.c. (Nguetta *et al.*, 2006), qui est supérieur à ceux observés à Gagnoa. Cela serait attribué à l'influence de la sécheresse sur plusieurs paramètres de production (Lacharme, 2001).

CONCLUSION

L'étude relative à la rentabilité des engrais minéraux en riziculture pluviale de plateau contribue à la compréhension de la nécessité de la fertilisation raisonnée, qui est une valeur à rechercher en matière d'utilisation des engrais minéraux dont la cherté a souvent été décriée par les petits producteurs. Une telle étude devient incontournable dans les conditions de culture particulières de changement climatique. Les résultats de la présente étude qui ont montré la

rentabilité du quart de la dose d'engrais vulgarisée, commandent de poursuivre ces études dans toutes les zones agroécologiques, en vue d'apporter les ajustements indispensables aux doses vulgarisées, pour éviter que l'engrais ne conduise au développement de la phase végétative au détriment de la phase reproductive.

REMERCIEMENTS

Nous remercions l'ex Programme National Riz (PNR) qui a mobilisé les fonds pour ces travaux et le Centre

National de Recherche Agronomique de Côte d'Ivoire pour le site de cette étude.

BIBLIOGRAPHIE

- Akintayo I, Cissé B, Zadji LD, 2008. Guide pratique de la culture des NERICA de plateau. ADRAO. 29 pp.
- Amancho AN, Diallo AH, Kouassi KN, Bouet A, N'Guessan KP, 2009. Criblage de quelques variétés de riz de Côte d'Ivoire pour la résistance à la panachure jaune du riz : incidence de la maladie sur quelques caractères agronomiques. *Sciences & Nature* Vol. 6 N°1: 27 – 37.
- Bagal M et Vittori M, 2010. Les indications géographiques en Côte d'Ivoire, produits potentiels et cadre juridique pertinent. ACP-EU TradeCom Facility in the context of the ACP regional workshops on Geographical Indications, April-May 2010. 43p.
- Charpentier H, Doumbia S, Coulibaly Z, Zana O, 1999. Fixation de l'agriculture au nord et au centre de la Côte d'Ivoire : quels nouveaux systèmes de culture ? *in* Agriculture et développement : Ecosystèmes cultivés, l'approche agroécologique. N° 21.
- Chaudhary RC, Nanda JS et Tran DV, 2003. Guide d'identification des contraintes de terrain à la reproduction du riz. Commission international du riz, FAO, Rome. 79 pp.
- Dabin B, 1961. Les facteurs de fertilité des sols des régions tropicales en cultures irriguées. *Bulletin Association Française d'Etude du Sol*, n° spécial. pp.108-130.
- Dabin B, 1963. Appréciation des besoins en phosphore dans les sols tropicaux. Les formes du phosphore dans les sols de Côte d'Ivoire. *Cahiers ORSTOM, Serie Pédologie*. III. : 27-42.
- Dicko M, 2005. Analyse du fonctionnement d'une parcelle de riz irrigué sur sol alcalin. Application à la gestion intégrée de la fertilisation azotée et du calendrier cultural dans le delta intérieur Idu fleuve Niger (Niger). Thèse de Doctorat de l'ENSAM. Mali. 153 pp.
- FIRCA, 2011. La filière riz. A la découverte du programme de productivité agricole en Afrique de l'ouest (PPAO/WAAPP). *Bulletin « La filière du progrès »* n°7. 42pp.
- (http://www.coraf.org/documents/publication/journal_FP_07_firca.pdf).
- Flisch R, 2007. Bien respecter la loi du minimum. *Revue UFA* 12. 3 pp.
- Gala BTJ, Camara M, Assa A, Kéli ZJ, 2007. Problématique de l'utilisation des engrais minéraux dans les zones de production du riz : cas du Centre-Ouest de la Côte D'Ivoire. *Agronomie Africaine*. Vol. 19 (2) : 173-185.
- Ganry F, Sanogo Z J L, Gigou J, Olivier R, 2000. Intensification du système cotonnier-sorgho au Mali-sud fondée sur le fumier et la gestion optimale de la fertilisation. *In* : La jachère en Afrique tropicale : Rôles, aménagements, alternatives. Actes du séminaire International, Dakar, 13-16 avr. 1999, vol.I, John Libbey, Paris, 804 pp.
- Garritty D and O'Toole C, 1995. Selection for reproductive stage drought avoidance in rice, using infrared thermometry. *Agronomy Journal* 80: 773–779.
- Gigou JJ, 1992. L'azote dans les systèmes de culture du nord et du centre de la Côte d'Ivoire. *In* : Munlongoy K, Gueye M et Spencer DSC (Eds). *Biological nitrogen fixation and sustainability of tropical agriculture*. John Wiley and Sons, Chichester, 337-394 pp.
- Harmand J M et Balle P, 2001. La jachère agroforestière (arborée et arbustive) en Afrique tropicale. *In* : La jachère en Afrique tropicale : De la jachère naturelle à la jachère améliorée. Le point des connaissances, Paris, France, John Libbey, vol 2, pp 265-292.
- Husson O, Charpentier H, Razanamparany C, Moussa N, Michellon R, Naudin K, Razafintsalama H, Rakotoarinivo C, Rakotondramanana, Seguy L, 2008. Fiches techniques plantes de couverture : Graminées pérennes. Manuel pratique de semis direct à Madagascar. 20 pp. (<http://agroecologie.cirad.fr>).
- Jürgen W, 1976. Possibilities and limitations of intensive fertilization. *Plant and Research Development*, vol 3 : 101-122.
- Koné B, Ettien JB, Amadji G, Diatta S, 2008. Caractérisation de la tolérance de NERICA a la sécheresse de misaison en riziculture

- pluviale. *African Crop Science Journal*, Vol. 16. No. 2, : 133-145
- Koné B, Diatta S, Saïdou A, Akintayo I, Cissé B, 2009. Réponses des variétés interspécifiques du riz de plateau aux applications de phosphate en zone de forêt au Nigeria. *Canadian Journal of Soil Science*, 2009, 89:(5) : 555-565.
- Kouablé N, 2010. Transmission des fluctuations et calcul des prix de parité du riz et du maïs à l'importation en Côte d'Ivoire. Michigan State University, CILSS, RESIMAO, Syngenta foundation. 56 pp. (http://www.aec.msu.edu/fs2/srai/RAPPORT_RCI-MSU-PROMISAM_10052010_revue.pdf).
- Kouadio A, 2003. Arrières effets du niébé (*Vigna unguiculata*) et du soja (*Glycine max*) sur les céréales : cas du riz pluvial et du maïs. Mémoire de BTS Agricole. INFPA, Abengourou, Côte d'Ivoire, 21 pp.
- Lacharme M, 2001. La fertilisation minérale du riz. Memento Technique de Riziculture. 17 p.
- Lafitte R, 2002. Relationship between leaf relative water content during reproductive stage water deficit and grain formation in rice. *Field Crop Research* 76: 165–174.
- Lafitte H, Ismail A, Bennett J, 2004. Abiotic stress tolerance in rice for Asia: Progress and future. In: International Rice Research Institute-IRRI (eds). New direction for diverse planet. Proc. of the 4th International Crop Sciences Congress, Crop science. Brisbane.
- Lelièvre F, 1999. L'eau et les plantes. *in* L'eau, Milieu naturel et maîtrise, tome 1. INRA, Montpellier, France. p.137-158.
- Lompo F, 2008. Effets induits des modes de gestion de la fertilité sur les états du phosphore et la solubilisation des phosphates naturels dans deux sols acides du Burkina-Faso. Thèse de Doctorat d'Etat ès Sciences Naturelles. Université de Cocody, Côte d'Ivoire. 214 pp.
- Melendez J, Becker M, Johnson D, 2003. Maintaining the Yield of Upland Rice under Intensified Land Use in Slash and Burn Systems of West Africa. (<http://www.pitros.uni-bonn.de>).
- N'Cho, Diallo et Konaté, 2001. Rapport annuel des activités de PVS. OVDL, Côte d'Ivoire. 33 pp.
- Nguetta ASP, Lidah JY, Ebélébé CNM et Guei RG, 2006. Sélection de variétés performantes de riz pluvial (*Oryza sp.*) dans la région subéquatoriale du Congo Brazzaville. *Afrique Science* 02 (3):352-364.
- Roose E, Albergel J, De Noni G, Sabir M, Laouina A, 2008. Efficacité de la GCES en milieu semiaride, AUF, EAC et IRD éditeurs, Paris. 425 pp.
- Vilain M, 1997. La production végétale: "la maîtrise technique de la production". Agriculture d'aujourd'hui, Vol 2, 2e édition. Paris, France. pp 197-282.