



## Alternatives à la fertilisation minérale des sols en riziculture pluviale de plateau : apports des cultures du soja et du niébé dans la fertilité d'un ferralsol hyperdystrique au Centre-ouest de la Côte d'Ivoire

KONATE Zoumana<sup>1</sup>, GALA Bi Trazié Jérémie<sup>1</sup>, MESSOUM Francis Gustave<sup>2</sup>, SEKOU Aïdara<sup>3</sup>, YAO-KOUAME Albert<sup>1</sup>, CAMARA Maméri<sup>3\*</sup>, KELI Zagbahi Jules<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Université de Cocody. Unité de Formation et de Recherche en Sciences de la Terre et des Ressources Minières (UFR-STRM). Département des Sciences du Sol. 22 BP 582 Abidjan 22 (Côte d'Ivoire).

<sup>2</sup>Direction Générale de la Recherche. BP V151 Abidjan (Côte d'Ivoire).

<sup>3</sup>Centre National de Recherche Agronomique (CNRA). 01 BP 1740 Abidjan 01 (Côte d'Ivoire).

\*Auteur correspondant : e-mail : [camara\\_mameri@yahoo.fr](mailto:camara_mameri@yahoo.fr)

Original submitted in on 29th February 2012. Published online at [www.m.elewa.org](http://www.m.elewa.org) on June 30th 2012.

---

### RESUME

*Objectif:* Une étude sur les apports des cultures du soja (*Glycine max*) et du niébé (*Vigna unguiculata*) en riziculture pluviale de plateau, a été menée à la station de recherche du Centre National de Recherche Agronomique (CNRA) de Gagnoa, au Centre-ouest de la Côte d'Ivoire.

*Méthodologie et résultat:* Trois antécédents culturaux, constitués par le soja, le niébé et le riz ont été mis en place, selon un dispositif en bloc de Fisher, en première année. A partir de la deuxième année, une jachère naturelle de 3 ans a été ajoutée aux trois premiers antécédents, et le riz (NERICA1) a été semé sur les quatre antécédents. Un dispositif en Split plot a été installé, avec, comme facteur principal, l'antécédent cultural et, comme facteur secondaire, la fertilisation minérale. En première année, le niébé a produit en moyenne 262,4 nodules fixateurs par m<sup>2</sup> contre 199,52 nodules fixateurs par m<sup>2</sup> pour le soja. Quant à la biomasse aérienne sèche produite, le soja s'est distingué, avec 410 g/m<sup>2</sup> contre 209,38 g/m<sup>2</sup> pour le niébé, et 210,08 g/m<sup>2</sup> pour le riz. En deuxième année, la jachère naturelle, avec un rendement moyen de 2637,48 kg/ha de riz paddy, n'a pas été influencée par les différentes doses d'engrais testées. En revanche, l'antécédent riz, avec un rendement moyen de 2004,16 kg/ha de riz paddy, a obtenu son meilleur résultat (2333,3 kg/ha de riz paddy), avec la dose complète d'engrais (200 kg/ha de NPK 12 24 18 + 100 kg/ha d'urée). L'antécédent soja, avec un rendement moyen de 2445,82 kg/ha de riz paddy, et l'antécédent niébé, avec un rendement moyen de 2421,04 kg/ha de riz paddy, ont atteint leurs meilleurs résultats avec la demi-dose d'engrais pour le soja (2500 kg/ha de riz paddy), et les trois quarts de la dose d'engrais pour le niébé (3000,8 kg/ha de riz paddy).

*Conclusion et application:* Ainsi, pour le riz de plateau, une jachère naturelle de 3 ans n'a pas eu besoin de fertilisants, alors que l'utilisation de légumineuses alimentaires tels que le soja et le niébé comme précédents culturaux, permet de réduire du quart (niébé) ou de la moitié (soja), la dose complète d'engrais vulgarisée.

**Mots-clés :** Riz, NERICA, Soja, Niébé, Légumineuses, Fertilisation, Rendement, Côte d'Ivoire, Gagnoa.

## ABSTRACT

**Objective:** A study on the contributions of soybean (*Glycine max*) and cowpea (*Vigna unguiculata*) crop in upland pluvial rice was conducted at the research station of the National Centre for Agronomic Research (CNRA) in Gagnoa, Center-West Côte d'Ivoire.

**Methodology and Results:** Three cropping history consisted of soybean, cowpea and rice was set up in a Fisher block design in the first year. From the second year, a 3-year natural fallow was added to the first three records and the rice (NERICA1) was sown on the four records. A split plot design was installed with the main factor as the crop history and as a secondary factor, the mineral fertilization. In the first year, cowpea produced an average of 262.4 fixing nodules per m<sup>2</sup> against 199.52 fixing nodules per m<sup>2</sup> on soybeans. As for the dry biomass produced, soy distinguished itself with 410 g/m<sup>2</sup> against 209.38 g/m<sup>2</sup> for cowpea and 210.08 g/m<sup>2</sup> for rice. In the second year, the natural fallow, with an average yields of 2637.48 kg/ha of paddy rice, was not influenced by the different fertilizer rates tested. For cons, the former rice with an average yield of 2004.16 kg/ha of paddy rice, earned its best result (2333.3 kg/ha of paddy rice) with the full dose of fertilizer (200 kg/ha of NPK 12 24 18 + 100 kg/ha of urea). The former soybeans, with an average yield of 2445.82 kg/ha of paddy rice and former cowpea, with an average yield of 2421.04 kg/ha of paddy rice, obtained their best results with the half-dose fertilizer for soybean (2500 kg/ha of paddy rice) and three-quarters of the dose of fertilizer for cowpea (3000.8 kg/ha of paddy rice).

**Conclusion and application:** So for upland rice, a natural fallow for 3 years did not need fertilizer, while the use of food legumes such as soybean and cowpea as previous crops reduces to a quarter (for cowpea) or to a half (for soybean), the full dose of fertilizer recommended.

**Keywords:** Rice, NERICA, Soybean, Cowpea, legumes, fertilization, yield, Côte d'Ivoire, Gagnoa

## INTRODUCTION

Le riz constitue la première céréale consommée en Côte d'Ivoire, avec une part annuelle par habitant de 58 Kg (Bagal et Vittori, 2010). La production nationale annuelle de riz, estimée actuellement à 303 938 tonnes de riz blanchi, ne couvre pas les besoins annuels de consommation du pays, évalués à 1 112 717 tonnes (FIRCA, 2011). La quasi-totalité de cette production est essentiellement assurée par la riziculture pluviale, qui occupe 90% des superficies emblavées et fournit 80 %. De la production nationale. Cependant, la riziculture pluviale demeure encore de type extensif et itinérant (Charpentier et al., 1999), et est pratiquée sur des jachères de 2 à 3 ans maximum (Gala et al., 2007). Les rendements obtenus dans ces conditions sont faibles (Yemefack et Nounamo, 2000), excédant rarement 1,5 t/ha, même pour des variétés améliorées (Koné et al., 2010). L'insuffisance de la production est due à des nombreuses contraintes, parmi lesquelles, la baisse de la fertilité des sols, les dégâts causés par les maladies (la pyriculariose, la

panachure jaune du riz) et le peu d'informations sur les variétés traditionnelles,

Pour pallier ces baisses de rendements, des engrais chimiques ont été utilisés pour améliorer les propriétés physiques des sols et compenser les carences en azote, en phosphore et en potassium (Chabalié et Gaudy, 1975 ; Saragoni et al., 1992 ; Gigou, 1992 ; Brahima, 1996 ; Roose et al., 2008). Cependant, outre leur coût élevé, qui les rend presque inaccessibles aux petits paysans (N'Goran, 1995), les engrais minéraux seuls ne suffisent pas, sur le long terme, à maintenir la fertilité des sols ou augmenter le rendement des cultures (Bado, 2002). En effet, leur utilisation exclusive entraîne une augmentation de l'acidité, une dégradation du statut physique et une baisse de la matière organique du sol (Boli et Roose, 2000). Face à ces différentes contraintes, la fertilisation organique, à travers l'utilisation de compost, d'engrais vert, de légumineuses fixatrices d'azote atmosphérique (Harmand et Ballé, 2001), de fumier, de fiente (Ganry et al., 2000), ont été proposées. Les études

relatives à l'effet de la culture des légumineuses comestibles comme compléments à la fertilisation minérale des sols en riziculture pluviale de plateau ont été très peu explorées (Gala et al., 2007). La présente étude vise à évaluer les arrières effets de

la culture du soja (*Glycine max*) et du niébé (*Vigna unguiculata*) comme alternatives à la fertilisation minérale des sols en riziculture pluviale de plateau, en vue d'une rationalisation des apports de fertilisants chimiques.

## MATERIEL ET METHODES

### Caractéristiques du site d'expérimentation :

L'étude a été réalisée à la station de recherche du Centre National de Recherche Agronomique (CNRA) de Gagnoa, dans le Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire (altitude: 376 m, latitude: 7°44' N, longitude: 5°04'W). Le site d'étude est constitué d'une végétation de *Panicum maximum* (Herbe de Guinée) et de *Chromoleana odorata* (Herbe du Laos). Le relief, constitué de collines et de vallonnements, comporte une succession de plateaux et de bas-fond, dont les altitudes oscillent entre 201 et 500 mètres (Kassin et al., 2008). Le substratum rocheux est essentiellement granitique, avec des intrusions de bandes de schistes (Dabbadie, 1996). Les sols observés sont des ferralsols (FAO, 2002), de texture argilo-sableuse à argileuse (Kassin et Yoro, 2009).

**Matériel végétal :** Le matériel végétal utilisé a été constitué de :

- Soja (*Glycine max*), variété Canarana, avec un cycle d'environ 120 jours et un rendement moyen en station de recherche de 2,5 t/ha ;
- Niébé (*Vigna unguiculata*), variété KN1, avec un cycle de 60 à 70 jours et un potentiel de rendement de 1 à 1,8 t/ha en station de recherche ;
- le Nerica1, variété améliorée de riz pluvial de cycle court (90 à 100 jours), appelé localement « Bonfani », mise au point par le Centre du riz pour l'Afrique (Africa Rice), à partir du croisement entre les espèces asiatique *Oryza sativa* et africaine *Oryza glaberrima*.

### Mise en place de l'essai et dispositif expérimental :

L'étude a été conduite sur deux années (2009 et 2010). A la première année (2009), les antécédents culturels constitués par le

soja (*Glycine max*), le niébé (*Vigna unguiculata*) et le riz (NERICA1) ont été mis en place selon un dispositif en blocs de Fisher avec 4 répétitions, sur des parcelles élémentaires de 118,25 m<sup>2</sup> (21,5m x 5,5m) chacune. Le soja a été semé à la densité de 50cm x 10cm, le niébé à 40cm x 20cm et le riz à 20cm x 20cm, avec un démarrage à deux plants par poquets. Après la récolte, les fanes des légumineuses et la paille du riz ont été épandus sur les parcelles respectives pour constituer un paillage. A la deuxième année (2010), une jachère naturelle de 3 ans a été ajoutée aux trois antécédents culturels et le riz (NERICA1) a été semé sur tous ces antécédents culturels. Le dispositif initial (bloc de Fisher) a été transformé en deuxième année (2010) en un split plot, avec comme facteur principal l'antécédent culturel comprenant 4 niveaux (soja, niébé, riz et jachère naturelle de 3 ans), et comme facteur secondaire, la fertilisation minérale, avec 5 niveaux constitués de différentes doses de l'engrais NPK 12 24 18 et de l'urée. Les 5 niveaux comportent le témoin (sans engrais), le quart, la moitié, les trois quarts de la dose complète vulgarisée et la dose complète vulgarisée (NPK : 200 kg/ha et Urée : 100 kg/ha) sur des parcelles élémentaires de 19,25 m<sup>2</sup> (5,5m x 3,5m). L'étude a été conduite avec 4 répétitions à la deuxième année. Toute la dose de NPK 12 24 18 (200 Kg/ha) a été appliquée au semis, comme engrais de fond. La dose d'urée (100 Kg/ha) a été apportée en deux fractions égales : la première fraction au tallage (21e jour après le semis), puis, la seconde, au début de l'initiation paniculaire (35e jour après le semis) (tableau 1).

**Tableau 1** : Composition et fractionnement des doses d'engrais appliquées

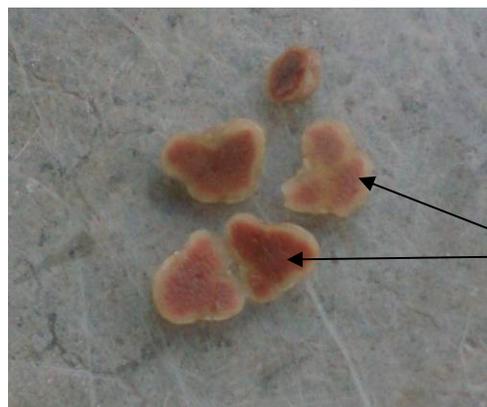
Traitements	Dose de NPK 12 24 18 appliquée au semis (Kg/ha)	Fraction d'urée appliquée au tallage et à l'initiation paniculaire (Kg/ha)
Témoin	0	0
¼ dose	50	12,5
½ dose	100	25
¾ dose	150	37,5
Dose	200	50

Dose : formule d'engrais vulgarisée

**Données collectées** : Sur le bloc de Fisher en première année, 5 carrés de rendement de 4 m<sup>2</sup> chacun, pour le précédent soja et niébé, et 15 carrés de rendements de 1 m<sup>2</sup> chacun, pour le précédent riz, ont été mis en place sur chaque parcelle élémentaire. Dans chacun des carrés de rendement du précédent soja et niébé, 5 plants ont été prélevés pour le comptage du nombre de nodules et du nombre de nodules fixateurs. Un nodule est dit fixateur, lorsqu'il présente une coloration rosâtre après coupure (figure

1). Après la récolte de chacun des précédents soja, niébé et riz, la biomasse aérienne (tiges, feuilles) de chaque carrée de rendement a été fauchée pour déterminer les poids frais et sec.

Sur le Split-plot en deuxième année, 3 carrés de rendements d'1 m<sup>2</sup> chacun, ont été mis en place sur chaque parcelle élémentaire de riz. Dans chaque carré de rendement, les observations ont porté sur le nombre de talles à l'initiation paniculaire, la hauteur du riz à maturité et le rendement en riz paddy.



Coloration interne rosâtre

**Figure 1** : Coupe transversale de nodules fixatrices d'azote atmosphérique

**Analyses statistiques** : Les données obtenues ont été soumises à une analyse de variance à l'aide du logiciel

SAS (SAS, 1989). Le test de Newman-Keul, au seuil de 5 p.c. a été utilisé pour la comparaison des moyennes.

## RESULTATS

**Caractères morphologiques des sols du site d'étude** : L'essai est situé sur le haut de versant d'un interfluve. Les sols ont été légèrement humifères, avec une texture sablo-argileuse (0-60 cm), argilo-sableuse (60-80 cm) et argilo-limoneuse ou limono-argileuse (80-100 cm). Ils ont un bon drainage interne et sont meubles au niveau des horizons supérieurs (0-5 cm). Cependant, ils ont présenté un horizon compact avec un fort taux d'éléments grossiers (> 50 %) entre 20 et

40 cm, et constitués essentiellement de nodules ferrugineux, de graviers et de fragments de quartz. La coloration des sols se situe, dans les horizons supérieurs, dans la gamme 10 YR (0-60 cm) pour la couleur brun sombre, à 7,5 YR (60-80 cm) pour la couleur brune, pour atteindre 2,5 YR dans les horizons inférieurs (> 80 cm) pour la couleur rougeâtre (figure 2). Les processus pédogénétiques dominants sont le rajeunissement et le remaniement.

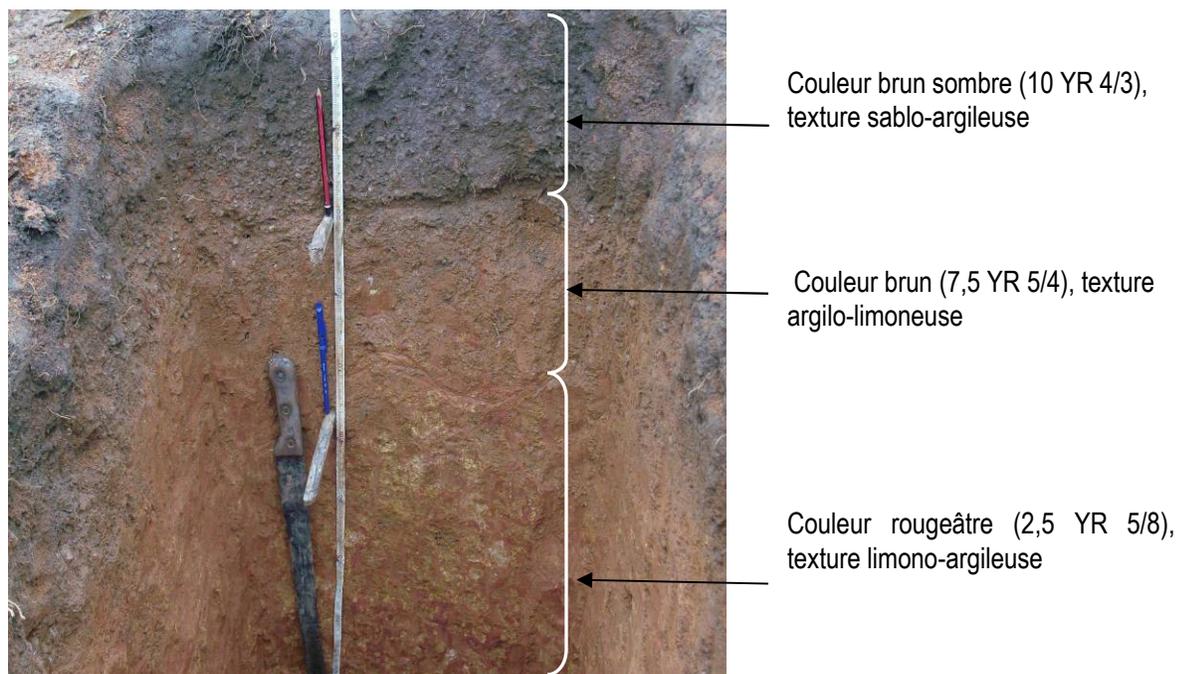


Figure 2 : Principales colorations des sols du profil ouvert sur le site d'étude

**Production de nodules et de biomasse aérienne des antécédents culturaux :** Avec 576,16 nodules et 262,4 nodules fixateurs par mètre carré, le niébé s'est distingué du soja qui a produit 317,12 nodules et 199,52 nodules fixateurs par mètre carré (tableau 2). Le niébé a produit la plus grande biomasse aérienne

fraîche avec 1061 g/m<sup>2</sup>, suivi du soja, avec 896,3 g/m<sup>2</sup> et du riz, avec 710 g/m<sup>2</sup>. Quant à la biomasse aérienne sèche, le soja a eu la plus grande production, avec 410 g/m<sup>2</sup>, suivi du niébé, avec 209,38 g/m<sup>2</sup> et du riz, avec 210,08 g/m<sup>2</sup> (tableau 3).

Tableau 2 : Production de nodules et de nodules fixateurs

Cultures	Nombre de nodules/m <sup>2</sup>	Nombre de nodules fixateurs/m <sup>2</sup>
NIEBE (KN1)	576,16 <b>a</b>	262,4 <b>a</b>
SOJA (Canarana)	317,12 <b>b</b>	199,52 <b>b</b>
Coefficient de variation (CV)	38	42,23

Les moyennes d'une colonne suivies de la même lettre ne sont pas statistiquement différentes par le test de Newmann-Keuls au seuil de 5 %

Tableau 3 : Production de biomasse aérienne (tiges et feuilles) fraîche et sèche

Cultures	Biomasse aérienne fraîche (g/m <sup>2</sup> )	Biomasse aérienne sèche (g/m <sup>2</sup> )
NIEBE (KN1)	1061,9 <b>a</b>	209,38 <b>b</b>
SOJA (Canarana)	896,3 <b>ab</b>	410 <b>a</b>
RIZ (Nerica1)	710 <b>b</b>	210,08 <b>b</b>
CV	20,67	16,45

Les moyennes d'une colonne suivies de la même lettre ne sont pas statistiquement différentes par le test de Newmann-Keuls au seuil de 5 %

**Effet des antécédents culturaux et de la fumure minérale sur le tallage du riz à l'initiation paniculaire :** L'engrais n'a pas eu d'effet sur la production de talles, ni au niveau de la jachère naturelle, ni à celui de l'antécédent niébé. Le nombre de talles par mètre carré à l'initiation paniculaire a varié de 122,25 à 133, 25, pour la jachère naturelle, et de 112,66 à 137,58, pour l'antécédent niébé. Par contre, l'engrais a eu un effet significatif sur la production de talles à l'initiation paniculaire, au niveau des antécédents sojas et riz. Pour l'antécédent soja, les

trois quarts de la dose vulgarisée avec 131,25 talles/m<sup>2</sup> et la dose vulgarisée avec 137 talles /m<sup>2</sup> se sont distingués, à la fois du témoin et des autres doses d'engrais. Pour l'antécédent riz, c'est la dose vulgarisée qui a eu la plus grande production de talles, avec 145,83 talles/m<sup>2</sup> suivi des trois quarts de la dose vulgarisée, avec 134,16 talles /m<sup>2</sup>. Quant au témoin, il a enregistré la plus faible production de talles, avec 112,5 talles/m<sup>2</sup> (tableau 4).

**Tableau 4 :** Nombre de talles en fonction des antécédents et des doses d'engrais

Traitements	Nombre de talles/m <sup>2</sup>			
	Jachère naturelle	Niébé	Soja	Riz
Témoin	122,25	112,66	116,16 <b>b</b>	112,5 <b>c</b>
¼ dose	127,33	115,58	105,41 <b>b</b>	119,75 <b>bc</b>
½ dose	122,58	119,75	112,91 <b>b</b>	124,75 <b>bc</b>
¾ dose	133,25	134,83	131,25 <b>a</b>	134,16 <b>ab</b>
Dose	125,66	137,58	137 <b>a</b>	145,83 <b>a</b>
Moyenne	126,21	124,1	120,55	127,4
CV (p.c.)	17,27	19,26	14,91	14,26
Significations	<b>NS</b>	<b>NS</b>	<b>THS</b>	<b>THS</b>

Dose : formule d'engrais vulgarisée ; NS : non significatif ; THS : très hautement significatif Les moyennes d'une colonne suivies de la même lettre ne sont pas statistiquement différentes par le test de Newmann-Keuls au seuil de 5 %

**Effet des antécédents culturaux et de la fumure minérale sur la hauteur des plants de riz à maturité :** L'engrais n'a pas eu d'effet sur la hauteur des plants de riz à maturité, aussi bien pour la jachère naturelle que pour l'antécédent niébé. La hauteur des plants de riz a varié de 103,5 cm à 107,1 cm pour la jachère naturelle et de 98,78 cm à 104,02 cm pour l'antécédent niébé. En revanche, l'engrais a eu un effet significatif sur la hauteur des plants de riz à maturité,

au niveau de l'antécédent soja et riz, où la dose vulgarisée a eu les plus grandes hauteurs de plants, avec 106,75 cm sur l'antécédent soja et 101,45 cm sur l'antécédent riz. Avec les trois quarts de dose et la demi-dose, les hauteurs de plants sont semblables au niveau des deux antécédents. Enfin, le quart de dose et le témoin ont donné des hauteurs identiques (tableau 5).

**Tableau 5 :** Hauteur des plants de riz sur les antécédents en fonction des doses d'engrais

Traitements	Hauteur moyenne (cm)			
	Jachère naturelle	Niébé	Soja	Riz
Témoin	103,5	98,78	96,42 <b>b</b>	95,13 <b>b</b>
¼ dose	105,33	99,03	99,18 <b>b</b>	96,35 <b>b</b>
½ dose	104,3	102,82	101 <b>ab</b>	98,98 <b>ab</b>
¾ dose	106,28	103,1	100,48 <b>ab</b>	99,72 <b>ab</b>
Dose	107,1	104,02	106,75 <b>a</b>	101,45 <b>a</b>
Moyenne	<b>105,3</b>	<b>101,55</b>	<b>100,76</b>	<b>98,32</b>
CV (p.c.)	<b>3,99</b>	<b>5,32</b>	<b>6,53</b>	<b>4,78</b>
Signification	<b>NS</b>	<b>NS</b>	<b>THS</b>	<b>THS</b>

Dose : formule d'engrais vulgarisée ; NS : non significatif ; THS : très hautement significatif, Les moyennes d'une colonne suivies de la même lettre ne sont pas statistiquement différentes par le test de Newmann-Keuls au seuil de 5 %

**Effet des antécédents culturaux et de la fumure minérale sur le rendement du riz paddy :** En dehors de la jachère naturelle où les rendements en riz paddy ont été semblables pour les différentes doses d'engrais (entre 2375 et 2833,3 kg/ha), tous les autres antécédents culturaux ont montré des différences significatives entre les rendements en riz selon les doses d'engrais testées. Ainsi, au niveau de l'antécédent niébé, les trois quarts de dose, avec 3000,8 kg/ha, et la dose vulgarisée avec 2791,7 kg/ha, ont donné les meilleurs rendements en riz paddy. Avec la demi-dose, au quart de dose et au témoin, l'on a enregistré le plus faible rendement, avec 1770,8 kg/ha

de riz paddy. Au niveau de l'antécédent soja, les meilleurs rendements de riz paddy ont été obtenus avec la demi-dose, à hauteur de 2500 kg/ha. Les trois quarts de dose, avec 2416,7 kg/ha et la dose vulgarisée, avec 3083 kg/ha, ont donné des rendements acceptables. Au niveau de l'antécédent riz, c'est la dose vulgarisée qui a abouti au meilleur rendement en riz paddy, avec 2333,3 kg/ha. Les trois quarts de dose, la demi-dose et le quart de dose d'engrais ont eu des rendements en riz paddy semblables. Le témoin a donné le plus faible rendement, avec 1395,8 kg/ha de riz paddy (tableau 6).

**Tableau 6 :** Rendements en riz (Kg/ha) sur les antécédents culturaux en fonction des doses d'engrais  
Dose : formule d'engrais vulgarisée ; NS : non significatif ; S : significatif ; THS : très hautement significatif

Traitements	Rendements (Kg/ha de riz paddy)			
	Jachère naturelle	Niébé	Soja	Riz
Témoin	2750	1770,8 c	2270,8 b	1395,8 b
¼ dose	2520,8	2041,7 bc	1958,3 b	1979,2 ab
½ dose	2375	2500,2 ab	2500 a	2166,7 ab
¾ dose	2833,3	3000,8 a	2416,7 a	2145,8 ab
Dose	2708,3	2791,7 a	3083,3 a	2333,3 a
Moyenne	2637,48	2421,04	2445,82	2004,16
CV (p.c.)	23,78	26,28	25,92	36,15
Significations	NS	THS	THS	S

Les moyennes d'une colonne suivies de la même lettre ne sont pas statistiquement différentes par le test de Newmann-Keuls au seuil de 5 %

## DISCUSSION

L'antécédent cultural niébé a produit plus de nodules et de nodules fixateurs que l'antécédent soja. Cela dénote d'une activité des bactéries symbiotiques au niveau de la variété de niébé utilisée plus intense que celle du soja. En effet, la différence de production de nodules peut être liée à une adaptation des bactéries fixatrices indigènes qui est plus marquée chez le niébé, qui est une espèce végétale locale, que chez le soja, qui est le plus souvent introduit d'ailleurs. De plus, les génotypes de soja diffèrent grandement dans leur aptitude à former des nodules avec des rhizobiums indigènes dans le sol. Ainsi, pendant que certains génotypes de soja au caractère généraliste, ont une aptitude à former des nodules spontanément avec des rhizobiums indigènes, d'autres, par contre, nécessitent une inoculation avec un type spécifique de rhizobium pour bien se développer (Brink et Belay, 2006). Selon Marie-Claire (1988), l'effectivité d'un système symbiotique

(légumineuse associée au *Rhizobium*) dépend à la fois des déterminants génétiques appartenant à la plante-hôte et de ceux appartenant à la souche de *Rhizobium*. Il faut relever à ce propos que Duggar (1935), a observé chez l'arachide, des différences significatives dans la nodulation de plusieurs génotypes. C'est ainsi que la variété de soja (Doko) inoculée par Gala (2009) dans des conditions similaires, a produit plus de nodules et de nodules fixateurs que la variété KN1 de niébé. Toutefois, en plus des caractères intrinsèques des légumineuses, de nombreux facteurs physico-chimiques du sol tels que la température, l'acidité, le niveau des éléments nutritifs, la dessiccation et l'inondation, influencent la capacité de survie des rhizobiums, donc leur aptitude à former des nodules (Ryle et al., 1979 ; Marie-Claire, 1988 ). Le niébé a produit la plus grande biomasse aérienne fraîche tandis que le soja a eu la plus grande

production de biomasse aérienne sèche. Cela montre qu'en plus de la fixation de l'azote à travers les nodules, les légumineuses, utilisées comme antécédents culturels pour la culture du riz, fournissent une quantité importante de résidus de récolte qui constituent une source de matières organiques susceptibles de restaurer les sols cultivés et de les enrichir en éléments minéraux disponibles. Ce qui permet d'augmenter la productivité des sols cultivés (Becker et al., 1996). En effet, la décomposition des résidus végétaux, en libérant les composés organiques qui ont une action stimulante sur la décomposition des matières organiques préexistantes dans le sol (Jenkinson, 1977), permettra d'améliorer considérablement le niveau des nutriments dans les sols (Ayanlaja et al., 1991). En effet, l'enrichissement du sol en débris végétaux pourrait induire des transformations minéralogiques importantes (Ketterings et al., 2000) qui vont affecter la disponibilité de certains éléments du sol. En plus de l'amélioration des qualités organiques et minérales des sols, les légumineuses, à travers une forte production de biomasse fraîche et une bonne couverture du sol, favorisent le maintien d'une bonne humidité du sol qui est nécessaire à une production optimale de nodules, ainsi qu'à une bonne conservation du sol contre l'érosion (Yost et Evans, 1988). Aussi, la présence de *Rhizobium* au niveau des racines des légumineuses peut améliorer la croissance, la nutrition minérale et la survie des cultures subséquentes à la culture des légumineuses. En effet, la présence du *Rhizobium* dans le sol peut inhiber la croissance de plusieurs champignons phytopathogènes (Antoun et al., 1978; Buonassisi et al., 1986; Ehteshamul-Haque et Gaffar, 1993) et dissoudre les phosphates insolubles contenus dans les sols (Chabot et al. 1996).

Aussi bien pour le nombre de talles par mètre carré à l'initiation paniculaire que pour la hauteur des plants de riz à maturité, les antécédentes jachères naturelles et niébé n'ont pas été influencés par les différentes doses d'engrais, contrairement aux antécédents sojas et riz, qui ont eu besoin des plus fortes doses d'engrais pour une pleine expression de certains paramètres. En effet, les paramètres de croissance, ont été très influencés par le niveau d'azote du sol et les résultats obtenus montrent que la jachère naturelle qui, après un temps de repos de 3 ans, a pu restaurer la fertilité du sol. Quant à l'antécédent niébé, qui a eu le plus grand nombre de nodules fixateurs d'azote, ceux-ci, ont

suffisamment enrichi le sol en azote au point qu'avec la plus forte dose d'engrais, les paramètres de croissance n'ont pas subi de variation. En effet, dans les jachères améliorées par les légumineuses dans l'assolement, lorsque les nodules meurent, l'azote organique contenu dans les nodosités est libéré dans le sol (Gros, 1979), ce qui permet d'augmenter le niveau de matière organique et d'éléments nutritifs dans le sol (Hoefsloot et al., 1993).

A l'exception de la jachère naturelle où les différentes doses d'engrais n'ont pas influencé le rendement, tous les autres antécédents ont donné des rendements qui ont différé selon les doses d'engrais. Ainsi, l'antécédent soja a permis d'obtenir de meilleurs rendements de riz paddy, avec la demi-dose, les trois quarts de dose et la dose vulgarisée. L'antécédent niébé, avec les trois quarts de dose et la dose vulgarisée et l'antécédent riz, avec seulement la dose vulgarisée, l'on a obtenu les meilleurs rendements. Ces résultats montrent que la jachère naturelle de 3 ans a été enrichie au point que l'apport d'engrais n'a pas eu d'incidence sur le rendement. En effet, la période de repos de la jachère naturelle a permis la reconstitution des propriétés physiques et chimiques du sol (Wilson et al. 1982 ; Lathwell, 1990), par l'effet de remontée en surface des éléments nutritifs du sol et par la réduction du taux de pertes annuelles de matières organiques (Piéri, 1989). Selon Floret et Serpantié (1991), les graminées, grâce à leur chevelu racinaire qui emballe les agrégats, restaurent la structure du sol et ramènent en surface les nutriments emportés par les eaux de drainage pour améliorer la fertilité des horizons superficiels. Ces résultats montrent que l'utilisation des légumineuses permet de réduire les besoins d'engrais. Ainsi, l'antécédent soja n'a besoin que de la demi-dose, et l'antécédent niébé, des trois quarts de dose, pour exprimer leur potentiel en rendement de riz paddy, comparativement à l'antécédent riz (rotation riz sur riz,) qui a besoin de la dose complète d'engrais pour son meilleur rendement. Les résultats des antécédents sojas et niébé, montrent l'intérêt de la pratique de la jachère améliorée par les légumineuses dans la restauration de la fertilité des sols pauvres et acides. En effet, la fixation de l'azote atmosphérique par les légumineuses et la décomposition de l'abondante quantité de résidus de récolte, conduisent à un enrichissement du sol en matière organique et à une minéralisation accrue de l'azote, qui rendent ainsi disponibles les éléments nutritifs nécessaires aux

plantes, en même temps qu'elles favorisent une évolution du pH vers la neutralité. Ce qui entraîne l'accélération de l'activité de la biomasse microbienne et l'amélioration de la mise à disposition de la matière organique aux micro-organismes du sol (Fabre et Kockmann, 2006). La minéralisation de la matière organique par l'accélération de l'activité de la biomasse microbienne, serait favorisée par l'augmentation de la teneur en azote dans les sols et du pH (Loiseau et

Grignani, 1991). Selon (Kemmit et al. 2006), à des valeurs de pH faibles, une bonne partie de la matière organique reste inactive car l'activité microbienne se trouve fortement limitée. L'utilisation des amendements à base de résidus de récolte réside dans le fait que ceux-ci jouent un rôle important sur diverses propriétés du sol (Piéri, 1989 ; Lompo et al., 1995, Ayanlaja et al., 1991).

## CONCLUSION

La meilleure option pour améliorer les sols et augmenter les rendements en riziculture de plateau dans la région de Gagnoa (Côte d'Ivoire), est la jachère naturelle de 3 ans, qui en l'absence d'engrais chimique, a permis d'obtenir un rendement moyen de 2637,48 kg/ha de riz paddy. Toutefois, la durée d'attente de 3 ans nécessaires à la reconstitution du sol ou l'application d'un assolement à 4 soles et à rotation riz-jachère-jachère-jachère semblent constituer des contraintes à la jachère naturelle. Les cultures du soja et du niébé comme antécédents culturaux, ont permis d'obtenir des rendements moyens de 2445,82 kg/ha de riz paddy, pour le soja, et de 2421,04 kg/ha de riz paddy, pour le niébé. Le niébé, avec le plus grand nombre des nodules fixateurs d'azote (262,4 unités par m<sup>2</sup>), a favorisé le développement des organes végétatifs au point d'annuler d'une part, l'effet des différentes doses d'engrais sur ces organes et, d'autres part, de réduire les besoins en engrais chimique de

trois quart, pour un meilleur rendement du riz paddy. Quant au soja, il a permis de réduire les besoins en engrais chimique de moitié, pour un meilleur rendement du riz paddy, avec la plus grande biomasse aérienne sèche (410 g/m<sup>2</sup>). Si la culture du riz sur une jachère d'au moins 3 ans, ne nécessite aucun apport d'engrais, par contre, avec le niébé comme antécédent, la culture du riz aura besoin des trois quarts de la dose complète d'engrais, c'est-à-dire de 150 kg/ha de NPK 12 24 18 et de 75 kg/ha d'urée, et le soja comme antécédent, de la moitié de la dose complète d'engrais, c'est-à-dire de 100 kg/ha de NPK 12 24 18 et de 50 kg/ha d'urée. La poursuite de l'essai sur des jachères de soja et de niébé de 2 ou 3 ans dans toutes les zones agroécologiques de production du riz pluvial permettra, de proposer des systèmes de culture à base de riz et de niébé ou de riz et/ou de soja dans des assolements adaptés.

## REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient le Programme d'Appui Stratégique à la Recherche Scientifique (PASRES) et le Centre National de Recherche Agronomique (CNRA) pour leur appui financier.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Antoun H., Bordeleau L.M. et Gagnon C., 1978. Antagonisme entre le *Rhizobium meliloti* et le *Fusarium oxysporum* en relation avec l'efficacité symbiotique. Canadian Journal Plant Science 58 : 75-78.
- Ayanlaja S.A. et Sanwo J.O., 1991. Management of soil organic matter in farming systems of the lowland humid tropic of West Africa. *Soil Technol.*, 4, 265-279.
- Bado B.V., 2002. Rôle des légumineuses sur la fertilité des sols ferrugineux tropicaux des zones Guinéenne et Soudanienne du Burkina Faso. Thèse de Doctorat : Université de Laval (Québec). 184 p.
- Bagal M et Vittori M., 2010. Les indications géographiques en Côte d'Ivoire, produits potentiels et cadre juridique pertinent. ACPEU Trade Com Facility in the context of the ACP regional workshops on Geographical Indications, April-May 2010. 43p.
- Boli Z et Roose E., 2000. Rôle de la jachère de courte durée dans la restauration de la productivité des sols dégradés par la culture continue en savane soudanienne humide Du Nord-Cameroun. In : Floret Ch. et Pontanier R., eds.

- La jachère en Afrique tropicale. Paris: John Libbey Eurotext, pp. 149-154.
- Brahima K., 1996. Effet de la fumure minérale et organique sur le rendement du riz de plateau en condition pluviale ou irriguée. DEA, pédologie, Université Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire 43 p.
- [Brink M. et Belay G.](#), 2006. Céréales et légumes secs. [Volume 1 de Ressources Végétales de L'Afrique Tropicale, G.J.H. Grubben](#). PROTA, 327 pages. ISBN 9057821729
- Buonassisi A.J., Copeman R.J., Pepin H.S. et Eaton G.W., 1986. Effect of *Rhizobium* spp. on *Fusarium* f.sp. *phaseoli*. Canadian Journal Plant Pathology 8 : 140–146.
- Chabalière P. et Gaudy F., 1975. Influence de la fertilisation NPK sur les rendements et la nutrition de la canne à sucre. Agronomie tropicale. Vol. 45, n°3, France, pp. 233-238.
- Chabot R., Antoun H. et Cescas M.P., 1996. Growth promotion maize and lettuce by phosphate-solubilizing *Rhizobium leguminosarum* biovar *phaseoli*. Plant Soil, 184 : 311–321.
- Charpentier H., Doumbia S., Coulibaly Z. et 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 : Écosystèmes cultivés, l'approche agro écologique. N° 21.
- Dabbadie L.M., 1996. Étude de la viabilité d'une pisciculture rurale à faible niveau d'intrant dans le centre-ouest de la cote d'ivoire : approche du réseau trophique. Thèse de doctorat : Université Paris 6. 214 p.
- Duggar J.F., 1935. The nodulation and other adaptations of certain summer legumes. J Am. Soc. Agronomy. 27, 32-37.
- Ehteshamul-Haque S. et Gaffar A., 1993. Use of rhizobia in the control of root rot diseases of sunflower, okra, soybean, and mungbean. Journal. Phytopathology. 138 : 157–163.
- FAO, 2002. Utilisation de la base de référence mondiale pour les ressources en sols comme instrument pour la sécurité alimentaire en Afrique. Rapport du Quatorzième réunion du sous-comité ouest et centre africain de corrélation des sols pour la mise en valeur des terres. 9-13 octobre 2000, Abomey, Bénin. 224 p.
- FIRCA, 2011. La filière riz. A la découverte du programme de productivité agricole en Afrique de l'ouest (PPAO/WAAPP). Bulletin d'Information du Fonds Interprofessionnel pour la recherche et le Conseil Agricoles : La filière du progrès. Acte 7. 42 pp.
- Floret C. et Serpantié G., 1991. La jachère en Afrique de l'Ouest. Edition ORSTOM, série colloques et séminaires, Montpellier, 494 p.
- Gala J. T. B., 2009. Optimisation de la fertilisation en riziculture pluviale de plateau en Côte d'Ivoire : Cas de la zone forestière semi-décidue (Gagnoa – Issia). Thèse de doctorat : Université de Cocody - UFR STRM (Abidjan). 154 p.
- Gala J. T. B., Camara M., Assa A. et Keli J. Z., 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* 19 (2) : 173 - 185 (2007)
- Ganry F., Sanogo Z.J.L., Gigou J. et 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 avril. 1999, vol. I, John Libbey, Paris, 804 pp.
- Gigou J.J., 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, Chicester. pp. 337-394.
- Gros A., 1979. Engrais. Guide pratique de la fertilisation. 7<sup>e</sup> édition revue et complétée. ISBN 2-7196-0013-X. 382 p.
- 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.
- Hoefsloot H., Van der Pol F., Roeleveld L. (1993). Jachères améliorées. Options pour le développement des systèmes de production en Afrique de l'Ouest, Amsterdam, Royal Tropical Institute. 86 p.

- Jenkinson D.S., 1977. Studies on the decomposition of plant material in soil. IV. The effect of rate of addition. *J. Soil Sci.*, 28, 417-423.
- Kassin K. et Yoro G., 2009. Rapport d'activité du programme gestion durable des sols et maîtrise de l'eau (GDSME). Station de Recherche du CNRA Gagnoa, 17 p.
- Kassin K.E., Doffangui K., Kouamé B., Yoro G. et Assa A., 2008. Variabilité pluviométrique et perspectives pour la replantation cacaoyère dans le Centre Ouest de la Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences* (2008), Vol. 12: 633 - 641. ISSN 1997 – 5902.
- Kemmitt S.J., Wright D., Goulding K.W.T. et Jones D.L., 2006. pH regulation of carbon and nitrogen dynamics in woody agricultural soils. *Soil Biol. Biochem.*, 38, 898-911.
- Kettering Q.M., Bigham J.M. et Laperche V., 2000. Changes in Soil mineralogy and texture caused by slash-and-burn fires in Sumatra, Indonesia. *Soil Science Society of American Journal* 64: 1108 – 1117
- Koné B., Saïdou A., Camara M. et Diatta S., 2010. Effet de différentes sources de phosphate sur le rendement du riz sur sols acides. *Agronomie Africaine* 22 (1): 1-9 (2010). 9 p.
- Lathwell D.J., 1990. Legume green manures: principles for management based on recent research. Soil Management Collaborative Research Support Program, North Carolina State University, Raleigh (NC, É.-U.). *Trop. Soils Bulletin* n° 90-01. 30 p.
- Loiseau P. et Grignani C., 1991. "État de l'azote organique et devenir de l'azote apporté sous les prairies de moyenne montagne", *Agronomie*, 11, 143-150.
- Lompo F., Sédogo M.P. et Hien V., 1995. Agronomic impact of Burkina phosphate and dolomite limestone. In: Gerner H. & Mokwunye A.U., eds. Proceedings of a seminar on the use of local mineral resources for sustainable agriculture in West Africa, November 21-23, 1994, International Fertilizer Development Center (IFDC), Lomé, Togo. *Miscellaneous Fertilizers studies* n°11. Muscle Shoals, AL, USA: IFDC, pp. 54-66.
- Marie-Claire D., 1988. Essai d'inoculation au Sénégal de l'arachide avec des souches de Rhizobium. Mémoire de fin d'étude du diplôme des Ingénieurs des Travaux d'Agriculture. 39 p.
- N'Goran A., 1995. Intégration des légumineuses dans la culture de maïs comme moyen de maintien de la fertilité des sols et de lutte contre l'enherbement. Rapport de la deuxième réunion du Comité de Recherche du WECAMAN, USAID, IITA, pp. 163-171.
- Pieri C., 1989. Fertilité des terres de savanes. Bilan de trente ans de recherche et de développement agricoles au sud du Sahara. Ministère de la coopération et du développement, Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement, Paris (France). 444 p.
- Roose E., Albergel J., De Noni G., Sabir M. et Laouina A., 2008. Efficacité de la GCES en milieu semi-aride, AUF, EAC et IRD éditeurs, Paris. 425 pp
- Saragoni H., Poss R., Marquette J. et Latrille E., 1992. Fertilisation et succession des cultures vivrières au sud du Togo : synthèse d'une expérimentation de longue durée sur terre de barre. *Agronomie Tropicale*: (1975), France, vol.40, n°2, pp. 107-120.
- Ryle G.J., Powell C.E. et Gordon A.J., 1979. *J. Exp. Bot.* 30, 135-154.
- SAS, 1989. SAS/ STAT User's guide, Version 6, Fourth Edition, SAS Institute Inc., 846 p.
- Wilson G.F., Lal R. et Okigbo B.N., 1982. Effects of cover crops on soil structure and on yield of subsequent arable crops grown under strip tillage on an eroded Alfisol. *Soil and Tillage Research*, 2, 233–250.
- Yemefack M. et Nounamo L., 2000. Dynamique des sols et durée optimale de jachères agricoles au Sud Cameroun, pp 135-141. In: La jachère en Afrique Tropicale. Rôle, aménagement, alternatives, Ch. Floret et R. Pontanier. Editions. John Libbey Eurotext, Paris, 803p.
- Yost R. et Evans D., 1988. Green manures and legume covers in the tropics. University of Hawaii (HI, É.-U.). Hawaii Institute of Tropical Agriculture and Human Resources Research Series, n° 055. 37 p.

