



## Effets des cultures de soja (*Glycine max*) et de niébé (*Vigna unguiculata*) sur la densité apparente et la teneur en eau des sols et sur la productivité du riz pluvial de plateau sur ferralsol hyperdystrique : cas de Gagnoa, au Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire

Zoumana KONATE<sup>1</sup>, Francis Gustave MESSOUM<sup>2</sup>, Aïdara SEKOU<sup>3</sup>,  
Albert YAO-KOUAME<sup>1</sup>, Maméri CAMARA<sup>3\*</sup> et Jules KELI ZAGBAHI<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Université Félix Houphouët-Boigny, 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)

### RESUME

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. Le riz (NERICA1) a été semé sur les quatre antécédents et 4 combinaisons de doses d'engrais NPK 12 24 18 et d'urée composées du quart, de la moitié, des trois quarts de la dose complète vulgarisée et la dose complète vulgarisée (NPK : 200 kg/ha et Urée : 100 kg/ha) et leur témoin sans engrais ont été appliqués. Ainsi, 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, les cultures du soja, du niébé et du riz, avec une production de biomasse aérienne sèche de 410 g/m<sup>2</sup> pour le soja, 209,38 g/m<sup>2</sup> pour le niébé et 210,08 g/m<sup>2</sup> pour le riz, ont entraîné une augmentation des densités apparentes moyennes des sols de 1,58 à 1,67 g/cm<sup>3</sup>. En deuxième année, la décomposition de ces résidus de récolte, a entraîné une amélioration des densités apparentes moyennes de 1,67 à 1,61 g/cm<sup>3</sup> et des teneurs en eau moyennes des sols du tallage (56,10 mm) au remplissage des grains de riz (75,83 mm) qui ont favorisé l'assimilation des engrais minéraux. Ainsi, la jachère naturelle de 3 ans qui n'a pas eu de précédent cultivé, n'a pas été influencée par les différentes doses d'engrais au niveau du rendement avec une moyenne de 2637,48 kg/ha de riz paddy. Par contre, la dose complète d'engrais (200 kg/ha de NPK 12 24 18 + 100 kg/ha d'urée) a généré son meilleur rendement en riz paddy (2333,3 kg/ha) sur l'antécédent riz, la demi-dose d'engrais sur l'antécédent soja (2500 kg/ha) et les trois quarts de la dose d'engrais sur l'antécédent niébé (3000,8 kg/ha). Les cultures des légumineuses étudiées, tout en diminuant la densité apparente des sols, ont donc entraîné une réduction des besoins d'engrais minéraux en riziculture pluviale.

© 2013 International Formulae Group. All rights reserved.

**Mots clés:** NERICA 1, Soja, Niébé, densité apparente, teneur en eau, Côte d'Ivoire, Gagnoa.

### INTRODUCTION

En Côte d'Ivoire, la production du riz est essentiellement assurée par la riziculture

pluviale. Celle-ci, se pratique selon un système de culture extensif et itinérant (Charpentier et al., 1999) dans un contexte

© 2013 International Formulae Group. All rights reserved.

DOI : <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v7i1i.5>

caractérisé par une baisse et une mauvaise répartition des pluies (Brou, 2005). Ce système de culture, conjugué à la forte croissance démographique, a entraîné dans toutes les zones agroécologiques de production de riz, un manque de terres cultivables (N’Goran et al., 1997). Cette pression sur les terres a entraîné une réduction des périodes de jachères (Gala et al., 2007) et une dégradation des propriétés physico-chimiques, suivie d’une baisse de la fertilité des sols. Les rendements obtenus en riz dans ces conditions sont faibles (Yemefack et Nounamo, 2000), excédant rarement 1,5 t/ha, même pour des variétés améliorées (Koné et al., 2010). Les engrais chimiques qui sont utilisés pour améliorer la fertilité des sols, entraînent sur le long terme, une dégradation du statut physique, une baisse de la matière organique du sol (Boli et Roose, 2000) et des phénomènes de toxicité au niveau des plantes pour certains ions (Tessier et al., 1996). Ainsi, l’apport d’engrais organiques à base de résidus de récolte, qui, en exerçant un effet bénéfique sur les propriétés physiques telles, la densité apparente et la teneur en eau des sols, sur les propriétés chimiques et biologiques du sol, et en rendant plus efficace l’emploi de doses modérées d’engrais minéraux (Jama et al., 2000), devrait constituer une solution appropriée pour la restauration de la fertilité des sols cultivés. En effet, la densité apparente des sols, l’un des paramètres les plus importants dans les études des sols portant sur la structure du sol, permet d’estimer la résistance à la pénétration des racines (Chotte et al., 1997), la cohésion des horizons (Yoro et Assa, 1986), la porosité et la réserve en eau des sols (Bertrand et Gigou, 2000). Cependant, les études relatives à l’apport des cultures du soja et du niébé dans l’amélioration des propriétés physiques des sols, comme compléments à la fertilisation minérale des sols en riziculture pluviale de plateau ont été peu abordées (Gala et al., 2007).

La présente étude vise à évaluer dans la région de Gagnoa, l’une des principales zones de production de riz pluvial de la Côte d’Ivoire, les arrières effets des cultures du soja

(*Glycine max*) et du niébé (*Vigna unguiculata*) sur la densité apparente et la teneur en eau des sols, dans une perspective de gestion à long terme des sols et de rationalisation des apports de fertilisants chimiques.

## MATERIEL ET METHODES

### 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 *Chromolaena odorata* (Herbe de 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), appelée 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*). Son rendement potentiel en riz paddy est de 4,5 t/ha.

### Mise en place de l’essai et dispositif expérimental

L’étude a été conduite sur une jachère de moins de 3 ans, composée d’une végétation

de *Panicum maximum* (Herbe de Guinée) et de *Chromolaena odorata* (Herbe de Laos) sur deux années (2010, 2011). A la première année (2010), les antécédents culturaux 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> (21,5 m x 5,5 m) chacune. Le soja a été semé à la densité de 50 cm x 10 cm, le niébé à 40 cm x 20 cm et le riz à 20 cm x 20 cm, avec un démariage 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 (2011), une jachère naturelle de 3 ans composée de *Panicum maximum* (Herbe de Guinée) et de *Chromolaena odorata* (Herbe de Laos) a été ajoutée aux trois antécédents culturaux et le riz (NERICA1) a été semé sur tous ces antécédents culturaux. Le dispositif initial (bloc de Fisher) a été transformé en deuxième année (2011) en un Split plot, avec comme facteur principal, l'antécédent cultural 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 étaient le témoin (sans engrais), le quart (75 kg/ha), la moitié (150 kg/ha), les trois quarts de la dose complète vulgarisée (225 kg/ha) et la dose complète vulgarisée (NPK : 200 kg/ha et Urée : 100 kg/ha). Chaque parcelle élémentaire avait une superficie de 19,25 m<sup>2</sup> (5,5 m x 3,5 m). Le Split plot a été conduit avec 4 répétitions. Les engrais ont été épandus à la volée puis légèrement enfouis dans le sol à l'aide de houes. 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 (21<sup>e</sup> jour après le semis), puis, la seconde, au début de l'initiation paniculaire (35<sup>e</sup> jour après le semis).

### **Méthode de caractérisation morphologique des sols du site d'étude**

La description des caractères morphologiques a été faite à partir d'une fosse ouverte à l'emplacement de l'étude pour déterminer la structure, la texture, la coloration et les processus pédogénétiques dominants des sols du site d'expérimentation.

### **Méthode de collecte des données physiques et hydrodynamiques des sols**

#### **- Densité apparente des sols**

Elle a été déterminée sur chaque parcelle élémentaire, par la méthode au cylindre, qui a consisté à effectuer un échantillonnage de terre dans l'horizon 0-20 cm, en première année, avant la mise en place des antécédents culturaux, puis en deuxième année, au semis et à la récolte du riz. L'échantillon de terre prélevé a été pesé à l'état frais puis à l'état sec, après un passage à l'étuve à 105 °C. La densité apparente des sols a été déterminée par le rapport de la masse de terre séchée et du volume du cylindre (Boa, 1989 ; Chamayou, 1989).

#### **- Teneur en eau des sols**

Elle a été déterminée pour chaque parcelle élémentaire, sur des échantillons prélevés dans les horizons de surface (0-20 cm) des sols en deuxième année. C'est dans cette tranche de sol que sont logées la plupart des racines du riz. C'est également dans cette couche de sol qu'ont lieu tous les échanges qui concourent à l'alimentation hydrique et minérale du plant de riz (Lacharme, 2001). Les échantillons de sols ont été prélevés aux deux stades critiques du développement du riz (tallage et remplissage des grains) pour évaluer l'effet combiné des antécédents culturaux et des doses d'engrais sur la réserve en eau des sols. La teneur en eau a été déterminée par gravimétrie. Les échantillons ont été prélevés à l'aide d'un tube cylindrique de circonférence connue puis mis dans des boîtes préalablement tarées, pour déterminer le poids frais de terre (P<sub>tf</sub>) et le poids sec (P<sub>ts</sub>) après un passage à l'étuve à 105 °C pendant 24 heures. L'humidité pondérale (H<sub>p</sub>) exprimée en pourcentage (%) est calculée à partir de l'équation suivante :

$H_p$  (p.c.) =  $(P_{tf} - P_{ts})/P_{ts}$

La teneur en eau du sol est ensuite exprimée en humidité volumique ( $H_v$ ) qui est calculée à partir de l'équation suivante:  $H_v = H_p \times D_a$ ;  $D_a$  étant la densité apparente du sol de la parcelle.

### **Méthode de collecte des données agronomiques**

Ces données ont été collectées dans des carrés de rendement. En première année, 5 carrés de rendement de 4 m<sup>2</sup> pour les antécédents soja et niébé et 15 carrés de rendements de 1 m<sup>2</sup> pour l'antécédent riz, ont été délimités dans chaque parcelle élémentaire pour l'étude des nodules et de la biomasse aérienne. En deuxième année, après le Split plot, pour déterminer les composantes du rendement du riz, 3 carrés de rendement de 1 m<sup>2</sup>, ont été mis en place dans chaque parcelle élémentaire.

### **Données collectées**

#### ***Nombre de nodules et de nodules fixateurs produits par le soja et le niébé***

Le nombre de nodules et de nodules fixateurs a été déterminé au niveau du soja et du niébé en première année (2010), dans les 5 carrés de rendement de chaque parcelle élémentaire. Un nodule est dit fixateur, lorsqu'elle présente une coloration rosâtre après coupure.

#### ***Biomasse aérienne restituée au sol par les antécédents culturaux***

Après la récolte du soja, du niébé et du riz en première année, la biomasse aérienne (tiges et feuilles) des carrés de rendement de chaque parcelle élémentaire a été fauchée pour en déterminer les poids frais et sec. Après ces opérations, cette biomasse a été retournée sur les parcelles respectives pour constituer un paillage.

#### ***Nombre de talles, hauteur et rendement du riz***

Ces mesures ont été effectuées en deuxième année (2011), dans les 3 carrés de rendements de chaque parcelle élémentaire de riz :

- le nombre de talles a été déterminé pendant le tallage maximum et a consisté à compter

par carré de rendement, le nombre total de talles ;

- la hauteur du plant à la maturité du riz, a été mesurée avec une règle graduée à partir de la base du plant de riz, jusqu'à l'extrémité de la dernière feuille qui pointe au sommet. Les mesures ont été effectuées sur 5 plants dans chaque carré de rendement ;

- le rendement en grain paddy (g/m<sup>2</sup>), a été obtenu pour 14% d'humidité des grains pesés dans les carrés de rendement, puis rapporté à l'hectare, pour en déterminer le rendement moyen (kg/ha), après la récolte du riz au couteau.

### **Analyses statistiques**

Les données collectées 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% a été utilisé pour la comparaison des moyennes.

## **RESULTATS**

### **Caractères morphologiques de l'horizon 0-20 cm du site d'étude**

Les sols de l'horizon 0-20 cm ont été légèrement humifères, avec une texture sablo-argileuse. Ils ont présenté un bon drainage interne et ont été meubles. La densité apparente initiale moyenne des sols du site de l'horizon 0-20 cm a été de 1,58 g/cm<sup>3</sup>. La coloration de l'horizon 0-20 cm se situe dans la gamme 10 YR.

### **Production de nodules et de biomasse aérienne des antécédents culturaux en première année**

Au niveau de la production de nodules, le niébé avec 576,16 nodules, s'est distingué du soja qui a produit 317,12 nodules. Cependant, le soja, avec une production de 199,52 nodules fixateurs (soit 62,9 pc) par mètre carré, est plus performant dans la fixation atmosphérique de l'azote que le niébé avec 262,4 nodules fixateurs (soit 45,5 pc) par mètre carré.

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>.

#### **Effet des antécédents culturels sur la densité apparente des sols**

La densité apparente des sols est passée en moyenne de 1,58 g/cm<sup>3</sup> (densité apparente initiale) avant la mise en place des antécédents en première année, à 1,67 g/cm<sup>3</sup> sous antécédents niébé, soja et riz au début du cycle du riz en deuxième année, puis à 1,61 g/cm<sup>3</sup> sous antécédents niébé, soja et riz à la fin du cycle du riz en deuxième année.

L'analyse de variance a montré qu'il existe une différence significative entre les densités apparentes des sols des différents antécédents au début et à la fin du cycle du riz en deuxième année. En effet, au début du cycle du riz, l'antécédent soja a obtenu la plus forte densité apparente avec 1,75 g/cm<sup>3</sup>, suivi de l'antécédent riz avec 1,67 g/cm<sup>3</sup> et des antécédents niébé (1,62 g/cm<sup>3</sup>) et jachère naturelle de 3 ans (1,63 g/cm<sup>3</sup>) qui ont eu des densités apparentes semblables. A la fin du cycle du riz, la jachère naturelle de 3 ans avec la plus faible densité apparente (1,54 g/cm<sup>3</sup>), s'est distinguée des autres antécédents qui ont eu des valeurs semblables variant de 1,60 à 1,68 g/cm<sup>3</sup> (Tableau 1).

#### **Evolution des densités apparentes des sols au cours du cycle du riz**

Quant à l'évolution des densités apparentes des sols au cours du cycle du riz en deuxième année, l'analyse de variance des mesures de début et de fin de cycle, a montré une homogénéité au niveau des antécédents niébé et jachère naturelle de 3 ans. Cependant, une différence significative a été observée au niveau des antécédents soja et riz. En effet, elles sont passées de 1,75 à 1,68 g/cm<sup>3</sup> sur l'antécédent soja et de 1,67 à 1,62 g/cm<sup>3</sup> sur l'antécédent riz (Tableau 2).

#### **Evolution des teneurs en eau des sols au cours du cycle du riz**

Pour l'évolution de la teneur en eau des sols au cours du cycle du riz, l'analyse de variance des mesures au tallage et au

remplissage des grains, a montré une différence significative au niveau de tous les antécédents culturels. En effet, les teneurs en eau des sols ont subi une augmentation en passant du tallage au remplissage des grains respectivement de 59,54 à 82,23 mm sur l'antécédent niébé, de 54,94 à 73,63 mm sur l'antécédent soja et de 53,74 à 71,64 mm sur l'antécédent riz (Tableau 3).

#### **Effets combinés propriétés des sols et doses d'engrais le tallage du riz**

L'engrais n'a pas eu d'effet significatif sur la production de talles au niveau de l'antécédent niébé et de la jachère naturelle de 3 ans. Le nombre de talles par mètre carré à l'initiation paniculaire a varié de 122,25 à 133,25 au niveau de la jachère naturelle de 3 ans, et de 112,66 à 137,58 au niveau de l'antécédent niébé. Par contre, l'engrais a eu un effet significatif sur la production de talles au niveau des antécédents soja et riz. En effet, sur l'antécédent soja, la dose vulgarisée (avec 137 talles/m<sup>2</sup>) et les trois quarts de la dose vulgarisée (avec 131,25 talles/m<sup>2</sup>) se sont distingués du témoin sans engrais et des autres doses de fertilisants qui ont eu des productions de talles semblables. Sur 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>. Le témoin (sans engrais) a enregistré la plus faible production de talles, avec 112,5 talles/m<sup>2</sup> (Tableau 4).

#### **Effets combinés propriétés du sol et doses d'engrais sur la hauteur des plants de riz**

L'engrais n'a pas eu d'effet sur la hauteur des plants de riz à maturité, aussi bien au niveau de la jachère naturelle de 3 ans qu'au niveau de l'antécédent niébé. La hauteur des plants de riz a varié de 103,5 cm à 107,1 cm sur la jachère naturelle et de 98,78 cm à 104,02 cm sur l'antécédent niébé. En revanche, l'engrais a eu un effet significatif sur la hauteur des plants de riz à maturité, au niveau des antécédents 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. Pour ces

mêmes antécédents, les trois quarts de dose et la demi dose d'une part et le quart de dose et le témoin (sans engrais) d'autre part, ont eu des hauteurs de plants semblables (Tableau 5).

#### Effets combinés propriétés des sols et doses d'engrais sur le rendement du riz

En dehors de la jachère naturelle de 3 ans, où les rendements en riz paddy ont été semblables entre les différentes doses d'engrais (de 2375 à 2833,3 kg/ha), tous les autres antécédents culturaux ont montré des différences significatives de rendements en riz, entre 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. Le témoin

(sans engrais) a enregistré le plus faible rendement, avec 1770,8 kg/ha de riz paddy. Au niveau de l'antécédent soja, les meilleurs rendements en riz paddy ont été obtenus avec la demi-dose (2500 kg/ha), les trois quarts de dose (2416,7 kg/ha) et la dose vulgarisée (3083 kg/ha). Ces trois premières doses ont été suivies par le quart de dose et le témoin (sans engrais) qui ont eu des rendements semblables. Au niveau de l'antécédent riz, c'est la dose vulgarisée qui a produit le 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 (sans engrais) a donné le plus faible rendement, avec 1395,8 kg/ha de riz paddy (Tableau 6).

**Tableau 1:** Effet des antécédents culturaux sur l'évolution des densités apparentes des sols.

Antécédents	Densités apparentes (g/cm <sup>3</sup> )		
	Etat initial de la parcelle	Début du cycle du riz	Fin du cycle du riz
Jachère naturelle		1,63 b	1,54 b
Soja	1,58	1,75 a	1,68 a
Niébé		1,62 b	1,60 a
Riz		1,67 ab	1,62 a
C.V. (%)		6,45	5,89
Significations		S	S

S : significatif ; C.V. : coefficient de variation ; Les moyennes suivies des mêmes lettres dans la même colonne ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 pc.

**Tableau 2:** Evolution des densités apparentes des sols en fonction des antécédents culturaux.

Périodes	Densités apparentes (g/cm <sup>3</sup> )			
	Jachère naturelle	Niébé	Soja	Riz
Début	1,63 a	1,62 a	1,75 a	1,67 a
fin	1,54 a	1,60 a	1,68 b	1,62 b
C.V. (%)	6,02	6,12	4,52	7,20
Significations	NS	NS	S	S

NS : non significatif ; S : significatif ; C.V. : coefficient de variation ; Les moyennes suivies des mêmes lettres dans la même colonne ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 pc.

**Tableau 3:** Evolution des teneurs en eau des sols en fonction des antécédents culturaux

Périodes	Teneur en eau des sols (mm)			
	Jachère naturelle	Niébé	Soja	Riz
Début tallage	60,43 b	59,54 b	54,94 b	53,74 b
Remplissage des grains	72,91 a	82,23 a	73,63 a	71,64 a
C.V. (%)	30,43	28,54	27,34	30,29
Significations	S	S	S	S

S : significatif ; Les moyennes suivies des mêmes lettres dans la même colonne ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 pc.

**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 (0 Kg/ha)	122,25	112,66	116,16 b	112,5 c
¼ dose (75 Kg/ha)	127,33	115,58	105,41 b	119,75 bc
½ dose (150 Kg/ha)	122,58	119,75	112,91 b	124,75 bc
¾ dose (225 Kg/ha)	133,25	134,83	131,25 a	134,16 ab
Dose (300 Kg/ha)	125,66	137,58	137 a	145,83 a
Moyenne	126,21	124,1	120,55	127,4
CV (p.c.)	17,27	19,26	14,91	14,26
Significations	NS	NS	THS	THS

Dose : formule d'engrais vulgarisée ; NS : non significatif ; THS : très hautement significatif ; C.V. : coefficient de variation.

**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 (0 Kg/ha)	103,5	98,78	96,42 b	95,13 b
¼ dose (75 Kg/ha)	105,33	99,03	99,18 b	96,35 b
½ dose (150 Kg/ha)	104,3	102,82	101 ab	98,98 ab
¾ dose (225 Kg/ha)	106,28	103,1	100,48 ab	99,72 ab
Dose (300 Kg/ha)	107,1	104,02	106,75 a	101,45 a
Moyenne	105,3	101,55	100,76	98,32
CV (p.c.)	3,99	5,32	6,53	4,78
Signification	NS	NS	THS	THS

Dose : formule d'engrais vulgarisée ; NS : non significatif ; THS : très hautement significatif ; C.V. : Coefficient de variation. Les moyennes suivies des mêmes lettres dans la même colonne ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 pc.

**Tableau 6:** Rendements en riz (Kg/ha) sur les antécédents culturaux en fonction des doses d'engrais.

Traitements	Rendements (Kg/ha de riz paddy)			
	Jachère naturelle	Niébé	Soja	Riz
Témoin (0 Kg/ha)	2750	1770,8 c	2270,8 b	1395,8 b
¼ dose (75 Kg/ha)	2520,8	2041,7 bc	1958,3 b	1979,2 ab
½ dose (150 Kg/ha)	2375	2500,2 ab	2500 a	2166,7 ab
¾ dose (225 Kg/ha)	2833,3	3000,8 a	2416,7 a	2145,8 ab
Dose (300 Kg/ha)	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

Dose : formule d'engrais vulgarisée ; NS : non significatif ; S : significatif ; THS : très hautement significatif ; C.V. : coefficient de variation ; Les moyennes suivies des mêmes lettres dans la même colonne ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 pc.

## DISCUSSION

La présence de nodules et surtout de nodules fixateurs au niveau des racines du soja et du niébé dénote de la présence d'une population de rhizobiums et d'une activité des bactéries symbiotiques présentes dans le sol, spécifiques à la variété de niébé et de soja. En effet, l'effectivité d'un système symbiotique à partir d'une légumineuse associée à un *Rhizobium*, dépend non seulement, des déterminants génétiques appartenant à la plante hôte, mais aussi de la souche de *Rhizobium* (Marie-Claire, 1988). Aussi, la présence de *Rhizobium* au niveau des racines des légumineuses, constitue un facteur important permettant l'amélioration de la nutrition minérale et la survie des cultures subséquentes à celle des légumineuses. En effet, selon Chabot et al. (1996), la présence du *Rhizobium* dans le sol, peut dissoudre les phosphates insolubles contenus dans les sols. Cependant, la forte production de nodules et de nodules fixateurs par le niébé par rapport au soja, peut être liée à une adaptation des bactéries fixatrices indigènes plus marquée chez le niébé, qui est une espèce végétale locale, que chez le soja, qui est le plus souvent introduit d'ailleurs où la culture n'a pas été fortement pratiquée. En effet, le niébé est peu

spécifique, c'est-à-dire, qu'il forme aisément des nodosités fixatrices avec de nombreuses souches de rhizobiums naturellement présentes dans le sol que le soja qui est très spécifique, et qui trouve rarement dans les sols les rhizobiums capables de former des nodosités fixatrices.

La culture de niébé a produit la plus grande biomasse aérienne fraîche tandis que celle de 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 jachères de légumineuses utilisées pour la culture du riz, restituent une quantité importante de résidus de récolte au sol. Ces résidus, après leur décomposition par les microorganismes, vont constituer une source de matières organiques, susceptibles de restaurer les sols cultivés et de les enrichir en éléments minéraux disponibles. Selon Ruganzu et al. (2005), plusieurs études ont montré l'importance des matières organiques dans l'amélioration de la fertilité des sols. En effet, en se décomposant, les résidus libèrent des composés organiques qui stimulent la décomposition des matières organiques préexistantes dans le sol (Jenkinson, 1977). Ce qui induit des transformations minéralogiques importantes dans le sol



(Ketterings et al., 2000), améliorant ainsi, de façon considérable le niveau des nutriments des sols (Ayanlaja et al., 1991) et la productivité des sols cultivés. De plus, les légumineuses, à travers l'abondante quantité de biomasse fraîche, constituent une bonne couverture du sol, nécessaire à une meilleure conservation du sol contre l'érosion, une production optimale de nodules et au maintien d'une bonne humidité au niveau du sol (Yost et Evans, 1988).

L'augmentation des densités apparentes des sols par rapport à la densité apparente initiale du site, au début du cycle du riz après les cultures de soja, de niébé et de riz, pourrait s'expliquer non seulement, par la quantité et la durée de séjour des résidus de récolte sur les parcelles, mais aussi, par la capacité de décomposition des microorganismes présents dans le sol. En effet, le temps de séjour des résidus sur les parcelles entre la récolte des cultures et la culture suivante du riz, ne paraît pas suffisant pour atteindre l'optimum de l'activité des microorganismes décomposeurs et des processus d'amélioration des propriétés physiques des sols. Ainsi, ces résidus, partiellement décomposés, en se constituant en couches continues, vont entraîner au niveau des horizons supérieurs, un durcissement du sol, d'où l'augmentation des densités apparentes des sols qui va occasionner des effets néfastes sur la porosité des sols. En effet, en présence d'un apport de résidus supérieur à la capacité de décomposition des microorganismes du sol, des phénomènes d'inhibition des microorganismes initialement capables de dégrader le substrat, peuvent apparaître lors de la décomposition des résidus (Gamouh, 2005). Aussi, cette augmentation des densités apparentes des sols après ces cultures, serait liée à l'acidité des sols du site d'étude qui, même légèrement acide (pH=5,6), est susceptible de ralentir ou d'inhiber l'activité des microorganismes, capables de dégrader la matière organique pour une amélioration des propriétés physiques et chimiques des sols. En effet, à des valeurs de pH faibles, l'activité

des microorganismes du sol est fortement réduite et une bonne partie de la matière organique reste inactive et n'est donc pas minéralisée (Kemmit et al., 2006).

La réduction de la densité apparente des sols en fin de cycle du riz en deuxième année, pourrait s'expliquer par une forte décomposition des débris végétaux de la première année. En effet, la biomasse des antécédents culturaux utilisée comme paillage, suffisamment décomposée et enfouie au sol, a amélioré de manière substantielle la qualité du sol. L'importance de la quantité et de la qualité des débris végétaux dans l'amélioration de la densité apparente des sols, est montrée dans la comparaison des densités apparentes au niveau des antécédents au début du cycle du riz, où les résidus des cultures de soja et de riz, les plus encombrants et les plus lignifiés, ont entraîné une augmentation des densités apparentes des sols. Mais, en fin de cycle du riz, avec la décomposition complète des débris de récolte, les densités apparentes des sols au niveau des antécédents cultivés (soja, riz et niébé) ont subi une baisse. De même pour la comparaison des densités apparentes de début et de fin de cycle du riz en deuxième année, au niveau de chaque antécédent, les antécédents soja et riz qui se sont décomposés plus lentement, ont montré des différences significatives entre les deux étapes alors que les antécédents niébé (décomposé rapidement) et jachère naturelle (déjà riche en matière organique décomposée) n'ont pas varié entre le début et la fin du cycle du riz avec des densités apparentes relativement plus faibles. Selon Martens et Frankenberger (1992), et Martens (2000), les résidus de culture et les amendements organiques lignifiés se décomposent lentement. En effet, les substances lignifiées, grâce à leurs propriétés antibiotiques sur les décomposeurs, exercent une action inhibitrice sur la décomposition des résidus (Bernhard-Reversat, 1998 ; Hartemink, 2001), réduisant ainsi le rythme de décomposition des résidus par les microorganismes. Au niveau de l'antécédent soja, en dehors de la quantité

importante de matière végétale qui peut engendrer des phénomènes pouvant inhiber l'action des microorganismes du sol, la nature exogène de cette culture peut générer des composés qui peuvent empêcher ou ralentir certaines stratégies d'adaptation ou de développement des microorganismes décomposeurs présents dans le sol (Nannipieri, 2003).

La faiblesse et l'homogénéité des densités apparentes des sols entre le début et la fin du cycle du riz, au niveau de la jachère naturelle de 3 ans et de l'antécédent niébé, seraient liées à l'absence de lignine dans les résidus végétaux et à la faible quantité de leur biomasse. Ceci a permis une accélération de la décomposition des résidus et entraîné une baisse des densités et une augmentation des teneurs en eau des sols avant même la mise en place du riz en deuxième année.

Entre le tallage et le remplissage des grains, la teneur en eau du sol a augmenté sur tous les antécédents culturaux. En fait, une bonne densité apparente favorise l'amélioration de la porosité des sols et l'augmentation de la teneur en eau du sol (Bertrand et Gigou, 2000), qui entraînent à leur tour, une meilleure assimilation et un renforcement de l'efficacité de l'engrais. En effet, selon Jama et al. (2000), Kaho et al. (2004), l'amélioration des propriétés physico-chimiques et biologiques du sol permet de rendre plus efficace l'utilisation des doses modestes d'engrais.

La jachère naturelle de 3 ans et l'antécédent niébé n'ont pas eu besoin d'engrais pour développer les paramètres de croissance du riz tels que le nombre de talles et la hauteur des plants. En effet, la jachère naturelle, enrichie par trois années de repos et avec une baisse de densité apparente des sols, n'a pas eu besoin d'engrais pour exprimer les meilleures performances des paramètres de croissance du riz et également de rendement. Au niveau de l'antécédent niébé, l'aspect herbacé et la quantité peu abondante des résidus produits, ont favorisé la décomposition totale de la biomasse dont les dérivés ont servi

essentiellement au maintien des performances des paramètres de croissance. Cependant, le recours à l'engrais pour une meilleure expression des paramètres de croissance et de production au niveau des antécédents soja et riz, serait lié à la baisse du niveau des nutriments dans le sol. En effet, les matières organiques incorporées au sol, en plus des éléments préexistants dans le sol, ont servi en premier lieu de nourriture aux microorganismes décomposeurs, pour accroître leur nombre et leur activité. Ce qui va diminuer la mise à disposition des matières organiques au sol et entraîner une réduction du niveau d'humus et d'éléments minéraux dans le sol.

A l'exception de la jachère naturelle de 3 ans, l'utilisation d'une certaine quantité d'engrais pour l'obtention du meilleur rendement en riz paddy au niveau des antécédents soja, niébé et riz, serait lié à l'insuffisance d'éléments nutritifs apportés par la matière organique issue des résidus. En effet, pour les antécédents soja et riz, riches en lignine, dont la décomposition de la biomasse a été plus lente et progressive, les éléments minéraux disponibles au cours du cycle du riz en deuxième année, n'ont pas suffi au maintien des performances des paramètres de croissance et de production. En effet, la lignine intervient en formant des complexes avec les protéines présentes dans les matières organiques en les rendant résistantes à la minéralisation (Duguet, 2005). Ce qui va entraîner selon Guerif (1982), des effets néfastes sur la porosité des sols et provoquer des conséquences parfois sévères sur la croissance et le rendement, surtout dans le cas d'une culture de cycle court.

## Conclusion

Les antécédents culturaux mis en rotation dans un système de culture à base de riz pluvial, peuvent entraîner une baisse des densités apparentes des sols, partant, des teneurs en eau des sols et l'assimilation des fertilisants. L'efficacité d'un antécédent pour une culture est liée à la quantité et à la qualité

de sa biomasse ainsi qu'à la durée du cycle de cette culture. Dans cette étude, la jachère naturelle âgée de 3 ans, avec une baisse des valeurs des densités apparentes des sols durant tout le cycle du riz, en plus de l'apport des résidus et le temps de repos de 3 ans, avaient suffisamment enrichi le sol en matières organiques pour assurer seul les besoins de croissance et de production de la culture de riz en place. Pour l'antécédent niébé, avec une bonne densité apparente durant tout le cycle du riz, et une relative faible biomasse, malgré sa rapidité de décomposition, n'a pu assurer que les besoins de croissance de la culture de riz en place, les besoins de production optimale du riz étant assurés par un complément d'engrais chimique soit les trois quart de la dose vulgarisée sur le riz. Pour les antécédents soja et riz, la nature et la quantité importante de la biomasse ont ralenti le processus de décomposition, provoquant des densités apparentes élevées au début du cycle du riz ( $1,67 \text{ g/cm}^3$  pour le riz et  $1,75 \text{ g/cm}^3$  pour le soja) et relativement acceptables à la fin ( $1,62 \text{ g/cm}^3$  pour le riz et  $1,68 \text{ g/m}^3$  pour le soja). Pour ces deux antécédents culturaux, les besoins de croissance et de production optimale de la culture de riz en place, ont été assurés par un complément d'engrais chimique soient la moitié de la dose vulgarisée sur l'antécédent soja et la dose complète vulgarisée sur l'antécédent riz.

#### REFERENCES

- Ayanlaja SA, Sanwo JO. 1991. Management of soil organic matter in farming systems of the lowland humid tropic of West Africa. *Soil Technol.*, **4**: 265-279.
- Bernhard-Reversat F. 1998. Changes in relationships between initial litter quality and  $\text{CO}_2$  release during early laboratory decomposition of tropical leaf litters. *Eur. J. Soil Biol.*, **34**: 119-122.
- Bertrand R, Gigou J. 2000. *La Fertilité des Sols Tropicaux*. Maisonneuve et Larose: Paris; 397 p.
- Boa D. 1989. Caractérisation, propriétés hydrodynamiques, contraintes et potentialités agronomiques des sols gravillonnaires: cas de Boro-Borotou (Côte d'Ivoire). Thèse de doctorat, Université Nationale de Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire.
- Boli Z, 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 *La Jachère en Afrique Tropicale*, Floret Ch. et Pontanier R (eds). John Libbey Eurotext, Paris ; 149-154.
- Brou YT. 2005. Climat, mutations socio-économiques et paysages en Côte d'Ivoire. Mémoires de synthèse des activités scientifiques présentées en vue de l'obtention de l'habilitation à diriger des recherches. Université des Sciences et Technologiques de Lille, 212 p.
- Chabot R, Antoun H, Cescas MP. 1996. Growth promotion maize and lettuce by phosphate-solubilizing *Rhizobium leguminosarum* biovar *phaseoli*. *Plant Soil*, **184**: 311-321.
- Chamayou H, Legros JP. 1989. Les bases physiques, chimiques et minéralogiques de la science du sol. Agence de Coopération culturelle et technique, Conseil International de la langue française. Press. Universitaires de France, 592 p.
- 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 agro-écologique*. N° 21.
- Chotte J-L, Masse D, Pontanier R, Berlier G. 1997. Transformation durant la jachère de l'horizon superficiel (0-10cm) d'un sol ferrugineux du bassin arachidier sénégalais (Thysse Kaymor) Floret et Pontanier (éds). p. 41-46.
- Dabbadie LM. 1996. Etude de la viabilité d'une pisciculture rurale à faible niveau d'intrant dans le centre-ouest de la côte

- d'Ivoire : approche du réseau trophique. Thèse de doctorat, Université Paris 6, 214 p.
- Duguet F. 2005. Minéralisation de l'azote et du phosphore dans les sols organiques cultivés du Sud-Ouest du Québec, Mémoire présenté pour l'obtention du grade de maître ès sciences (M.Sc.), Université de Laval (Québec), Faculté des sciences de l'agriculture et de l'alimentation, 105 p.
- 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, Abomey, Bénin, 224 p.
- Gala JTB, Camara M, Assa A, Keli JZ. 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.
- Gamouh A. 2005. Effets comparés et interactifs des pesticides et facteurs physiques sur la minéralisation de substrats carbonés dans le sol. *Bull. Inst. Scientifique Sci. Vie*, 26-27.
- Hartemink AE, O'Sullivan JN. 2001. Leaf litter decomposition of *Piper aduncum*, *Glyricidia sepium* and *Imperata cylindrical* in the humid lowlands of Papua New Guinea. *Plant Soil*, **230**: 115-124.
- Jama B, Palm CA, Buresh RJ, Niang AI, Gachengo C, Nziguheba G. 2000. Tithonia as a green manure for soil fertility improvement in Western Kenya. *Agroforestry Systems*, **49**: 201-221.
- Jenkinson DS. 1977. Studies on the decomposition of plant material in soil. IV. The effect of rate of addition. *J. Soil Sci.*, **28**: 417-423.
- Kaho F, Yemefack M, Nguimgo BAK, Zonkeng CG. 2000. The effect of short rotation *Desmodium distortum* planted fallow on the productivity of Ultisols in Centre Cameroon, *Tropicultura*, **22**(1): 49-55.
- Kassin KE, Doffangui K, Kouamé B, Yoro G, Assa A. 2008. Variabilité pluviométrique et perspectives pour la replantation cacaoyère dans le Centre Ouest de la Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences*, **12**: 633 - 641.
- Kassin K, 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.
- Kemmitt SJ, Wright D, Goulding KWT, Jones DL. 2006. pH regulation of carbon and nitrogen dynamics in wo agricultural soils. *Soil Biol. Biochem.*, **38**: 898-911.
- Kettering QM, Bigham JM, Laperche V. 2000. Changes in Soil mineralogy and texture caused by slash-and-burn fires in Sumatra, Indoneasia. *Soil Science Society of America Journal*, **64**: 1108 – 1117.
- Koné B, Saïdou A, Camara M, Diatta S. 2010. Effet de différentes sources de phosphate sur le rendement du riz sur sols acides. *Agronomie Africaine*, **22**(1): 1-9.
- Lacharme M. 2001. La fertilisation minérale du riz. In *Mémento Technique de Riziculture*. Fascicule n°6, 17p.
- 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.
- Martens DA. 2000. Plant residue biochemistry regulates soil carbon cycling and carbon sequestration. *Soil Biol. Biochem.*, **32**: 361-369.
- Martens DA, Frankenberger WT. 1992. Modification of infiltration rates in an organic-amended irrigated soil. *J. Agron.*, **84**: 707-717.
- Nannipieri P. 2003. Microbial diversity and soil functions. *Plant Soil*, **54**: 655-670.
- N'goran A, Gnahoua GM, Oualou K, Pity B. 1997. Evolution de la fertilité d'un sol au cours de quatre ans de culture suite à une jachère arborée de six ans : Cas d'une

- zone de forêt humide en Côte d'Ivoire. In *Amélioration et Gestion de la Jachère en Afrique de l'Ouest*, Floret C, Pontanier R (eds). Orstom : Paris ; 101-106.
- Ruganzu V, Bock L, Culot M. 2005. Effets comparés des espèces d'arbustes en jachère sur les propriétés des deux types de sols de Rubona au Rwanda. African Crop Science Conference Proceeding N° 7, 1095-1101.
- SAS. 1989. *SAS/STAT User's Guide, Version 6* (4<sup>th</sup> edn). SAS Institute Inc; 846 p.
- Tessier D, Bruand A, Le Bissonnais Y, Dambrine E. 1996. Qualité chimique et physique des sols : Variabilité spatiale et évolution. *Etude et Gestion des Sols*, 3(4): 229-344.
- Yemefack M, Nounamo L. 2000. Dynamique des sols et durée optimale de jachères agricoles au Sud Cameroun, In *La Jachère en Afrique Tropicale. Rôle, Aménagement, Alternatives*, Floret Ch., Pontanier R (eds). John Libbey Eurotext : Paris; 135-141.
- Yoro G, Assa A. 1986. Modifications structurales de deux sols ferrallitiques du nord-ouest de la Côte d'Ivoire sous l'effet du piétinement par l'homme. *Cahier ORSTOM, Série Pédologique*, 22(1): 31-41.
- Yost R, Evans D. 1988. Green manures and legumes covers in the tropics. University of Hawaii (HI, E.-U.). Hawaii Institute of Tropical Agriculture and Human Resources Research Series, 055: 37 p.