

EFFET DE L'ENFOUISSEMENT DE PAILLES DU NIÉBÉ ET DU MAÏS SUR LA PRODUCTIVITÉ DE RIZ NERICA À KPAKPAZOUMÈ, BÉNIN

*B. E. E. C. E. HOUMENOU**, *A. M. IGUE***, *G. D. DAGBENONBAKIN***, *O. N. WOROU***, *A. S. YAOITCHA****, *A. SALIFOU***, *A. H. AZONTONDE*** & *G. A. MENSAH***

**Université Catholique de l'Afrique de l'Ouest*

***Institut National des Recherches Agricoles du Bénin - Email : igue_atanda@yahoo.fr, Tel+229 97472153*

****Laboratoire d'Écologie appliquée, Université d'Abomey-Calavi*

RÉSUMÉ

La dégradation continue des sols par l'utilisation des systèmes d'exploitation occasionnant l'érosion, la baisse du taux de matière organique, l'épuisement des nutriments etc., risque de causer des dommages irrémédiables à l'environnement. Pour une durabilité continue des systèmes rizicoles de plateau et de bas-fonds, l'utilisation des légumineuses comme le niébé, les céréales comme le maïs utilisé seule ou en association, comme précédent cultural assurent un meilleur rendement. Le présent travail, réalisé au Bénin dans la commune administrative de Glazoué vise à étudier les effets des résidus de maïs, de niébé et de l'association maïs-niébé sur les paramètres de croissance et sur les composantes de rendement de trois variétés de riz Nerica. Le dispositif expérimental est un split plots avec Nerica 1, Nerica 2 et Nerica 4 comme parcelles principales et celles 0N 0 P₂O₅ et 17N 11P₂O₅ comme parcelles secondaires toutes randomisées dans trois blocs dans les trois différents systèmes de culture. L'analyse de variance a révélé que la hauteur des plants de riz a été positivement affectée par les précédents culturaux (p = 0,0003) et les doses d'engrais (p = < 0,0001). Le nombre moyen de talles varie significativement (p = < 0,0001) dans le temps et est positivement affecté par la variété de Nerica (p = 0,0064) et les doses d'engrais (p < 0,0001). Les doses d'engrais minéral ont amélioré la croissance des variétés de Nerica. Un relèvement du taux de biomasse totale variant de 2187 % à 2957 % a été observé sur les parcelles fumées comparées au témoin sans engrais minéral. Les précédents culturaux ont eu un impact positif sur le nombre moyen de panicules (p = 0,008), la biomasse totale (p = 0,035) et le rendement (p = 0,05) des trois variétés de Nerica. À l'issue de cette étude, il peut être recommandé l'adoption à grande échelle les graminées et/ou légumineuses fourragères pour reconstituer par des voies biologiques les sols dégradés.

Mots-clés : riz Nerica, fumure, système de culture, rendement, Bénin

ABSTRACT

The continuous soils degradation by the utilization of farming systems causing the erosion, the decrease of the organic matter rate, etc. the nutrient depletion, risk to cause some irretrievable damages to the environment. For a continuous sustainability of rice systems of plateau and valley bottom, the utilization of leguminous as cowpea, cereals as maize used alone or in association, as previous cultural assure a better yield. The present work, carried out in Benin in the Commune of Glazoué, aims to study effects of residues of maize, cowpea and the association maize-cowpea on growth parameters and on components of yield of three varieties of Nerica rice. A split plots design was installed with Nerica 1, Nerica 2 and Nerica 4 as main treatments, and 0 N 0 P₂O₅ and 17 N 11 P₂O₅ as secondary treatments randomized in three blocks in these three different farming systems. The analysis of variance revealed that the height of rice have been positively affected by the previous crop residues (p = 0.0003) and rates of mineral fertilizers (p = < 0.0001). The number of tillers, number of panicles increase significantly (p = < 0.0001) in the time and has been positively affected by the varieties of Nerica rice (p = 0.0064) and applied rates of mineral fertilizers

($p < 0.0001$). The rates of mineral fertilizers improved positively the growth and the development of varieties of Nerica rice. Increasing of total biomass of 283 %, 386 % and 494 % respectively for Nerica 2, Nerica 1 and Nerica 4 with the mineral fertilizers applied have been observed compared to control without any fertilizers application. An improvement of the total biomass varying from 2187 % to 2957 % has been observed on fertilized plots compared to the control plot without mineral fertilizer. Results of statistical analysis revealed that previous cropping systems affected positively the average number of panicles ($p = 0.008$), the total biomass ($p = 0.035$) and the yield ($p = 0.05$) of the three varieties of Nerica rice. It can be recommended through this study the adoption in large scale the cereals and /or leguminous fodder to reconstitute by the biologic ways the degraded soils

Keywords : Nerica rice, variety of rice, manure, cultural system, yield, center Benin

INTRODUCTION

Le riz occupe une position importante dans le monde de par sa production et sa consommation (FAO, 2001). Deuxième céréale cultivée eu égard à la superficie occupée et troisième après le blé et le maïs, il est l'aliment de base de plus de la moitié de la population mondiale (Zinsou et al., 2008). Ainsi, le riz Nerica a été introduit en Afrique dans la zone dans le but d'augmenter le rendement par rapport au riz local. Ce riz Nerica est issu des croisements interspécifiques entre le riz asiatique *Oryza sativa* et le riz africain *Oryza glaberrima*.

La variété africaine, robuste s'adapte bien aux conditions locales tandis que celle asiatique peu adaptée à un rendement beaucoup plus élevé (Akintayo et al., 2008). Selon Adégbola & Arouna (2005), les variétés de Nerica semblent donc être adaptées aux conditions socio-économiques et agro-écologiques des ménages riziculteurs de l'Afrique.

Au Bénin, comparativement aux autres céréales, le riz a conquis sa place au sein des ménages et dans la restauration collective en raison de la facilité de sa préparation et de sa cuisson (Adégbola & Sodjinou, 2003). La consommation annuelle est en pleine évolution en place avec la croissance démographique du Bénin. La consommation moyenne de riz par tête et par an varie de 6 à 20 kg en zones rurales et de 10 à 30 kg en zones urbaines (FAO, 1997). Ainsi, la demande qui était de 93.172 tonnes en 2005, serait estimée à 132.750 tonnes en 2015 (Adégbola et al., 2014). Cependant le niveau de production locale n'a pas suivi le rythme de consommation et les besoins en riz sont supérieurs à la production nationale.

Pour satisfaire la demande toutefois grandissante, le Bénin se voit dans l'obligation d'importer d'énormes quantités de riz. En effet, en 2007, le pays a importé 1.089.882 tonnes de riz dont 545.806 tonnes pour le Bénin et le reste réexporté respectivement au Niger et au Nigéria (Korogoné et al., 2008). Cependant, le Bénin dispose de plus de 322.000 ha de terres cultivables

rizicoles dont 205.000 ha de bas-fonds et 117.000 ha de plaines inondables ; mais seulement 8 % sont actuellement exploitées (RNIB,2008).

La principale contrainte qui bloque la performance des exploitations agricoles et en l'occurrence celles rizicoles dans le centre Bénin, est la baisse de la fertilité des terres agricoles avec pour conséquence, la baisse continue des rendements des cultures dont le riz (Igué *et al.*, 2011). Au Bénin, les diagnostics agronomiques conduits par des équipes pluridisciplinaires et les enquêtes diagnostiques conduites par la Recherche-Développement et les Centres d'Action pour le Développement Rural (CARDER) ont montré que le problème de l'épuisement des terres est concomitant à une baisse de la fertilité des sols est devenu une contrainte principale qui justifie la baisse des rendements des cultures (Koudokpon, 1992).

Les études effectuées attribuent cette baisse de fertilité à un épuisement des éléments nutritifs des sols par des systèmes d'exploitation qu'on peut caractériser de « miniers » (Igué, 2004 ; Igué *et al.*, 2007). Ainsi, les légumineuses herbacées comme *Mucuna utilis*, *Aeschynomene histrix*, *Vigna unguiculata* (niébé) ont été testées pour servir de jachère améliorée (Assigbé, 2002b ; Akakpo *et al.*, 2001 ; Carsky *et al.*, 2003 ; Badou *et al.*, 2013 ; Azontondé *et al.*, 2007 ; Houmènou, 2013) ; il en est de même pour le maïs qui a été utilisé comme précédent cultural. Ces associations de cultures introduites dans les systèmes rizicoles ont doublé les rendements en paddy et en grains du riz et amélioreraient en même temps le niveau de fertilité des sols dégradés. (Amadji *et al.*, 2001 ; Assigbé, 2002b ; Houmènou, 2013). Le recyclage in situ des résidus de culture et leur valorisation par le riz est une technologie qui mérite d'être testée dans les conditions qui puissent permettre son adoption rapide voire sa diffusion en milieu réel. Cette étude qui vise à corriger le phénomène de l'épuisement des terres cultivées par l'utilisation de technologies facilement accessibles à un grand nombre d'agriculteurs, a pour objectif général De façon spécifique, il s'agit de : i) évaluer les effets des résidus de maïs, de niébé et ceux de l'association maïs-niébé sur les paramètres de croissance et de développement de trois variétés de riz Nerica, ii) évaluer les effets des résidus de maïs, de niébé et ceux de l'association maïs-niébé sur les paramètres de rendements iii) d'identifier le système cultural le plus performant du point de vue production.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

*Matériel**Localisation du site*

L'expérimentation a été réalisée dans le département des collines précisément dans la commune administrative de Glazoué située entre 7°90' et 8°30' latitude Nord, 2°05' et 2°22' longitude Est (Figure 1). Le choix de ce site se justifie par le fait que cette commune offre des conditions favorables pour la culture du riz, mais aussi elle constitue une zone de forte production agricole pour le Bénin en général et pour le département des Collines en particulier. En outre, la commune de Glazoué bénéficie des interventions de plusieurs institutions (INRAB, ADRAO) et organisations non gouvernementales pour l'expérimentation et la vulgarisation des nouvelles technologies de production de riz (variétés améliorées de riz, aménagement des bas-fonds, utilisation des systèmes améliorés d'étuvage du riz).

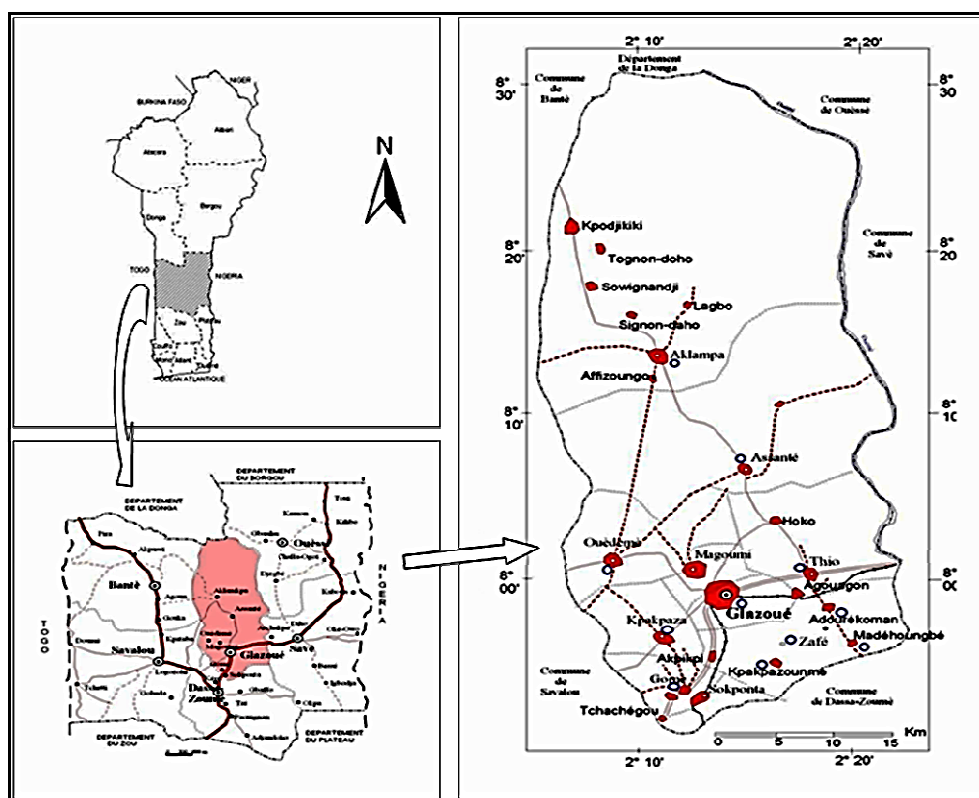


Figure 1. Carte géographique de la commune de Glazoué :Sols et végétation du site (Source : INSAE)

Relief et climat

La commune de Glazoué bénéficie d'un relief marqué par une basse pénéplaine qui se repose sur le vieux socle granito-gneissique du précambrien. Avec un climat sub-équatorial, la commune connaît deux saisons pluvieuses dont une grande s'étendant de mi-mars à juillet et une petite comprise entre le mois de septembre à novembre et deux saisons sèches dont une petite de juillet à août et une grande de novembre à mi-mars. La pluviométrie annuelle moyenne dans la commune est de 960 mm à 1256 mm avec une température moyenne variant entre 24°C et 29°C. L'humidité relative de l'air est de 60 % en moyenne et joue un rôle d'atténuateur du déficit hydrique. Le temps est souvent sec et ensoleillé avec un régime d'harmattan caractérisé par des matinées et des nuits fraîches de 18°C à 20°C. (INSAE, 2004).

Sol

Trois catégories de sol sont essentiellement observées dans la commune de Glazoué : i) les sols ferrugineux tropicaux sur socle cristallin qui couvrent la majeure partie de la commune, ii) les sols hydromorphes des bas-fonds de profondeur très faible, représentent 20 % des superficies cultivables, iii) les sols noirs argileux (vertisols) assez fertiles mais en faible proportion qui sont des sols de prédilection pour la production du riz (Igué *et al.*, 2004).

La végétation est de type savane arborée plus ou moins dégradée avec quelques galeries forestières le long des rivières. Les ligneux les plus fréquemment rencontrés sont : *Azalia africana*, *Anogeissus leptocarpus*, *Parkia biglobosa*, *Terminalia africana*, *Pterocarpus erinaceus*.

Un profil a été creusé sur le site d'expérimentation et deux échantillons de sol ont été prélevés dans les profondeurs de 0-20cm et 20-50 cm avant l'installation de l'essai pour les analyses au Laboratoire des Sciences du Sol, Eaux et Environnement (LSSEE), de l'Institut Nationale des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB) pour leurs caractéristiques physico-chimiques conformément aux méthodes de Tran Vin An & Boko (1978). Ces analyses ont consisté à la détermination de la granulométrie (5 fractions), réalisée par la méthode internationale modifiée par l'emploi de la pipette de Robinson; du carbone, déterminé par la méthode de Walkley & Black ; de l'azote total, déterminé par la méthode de Kjeldahl ; du pH_{eau}, à l'aide d'un pH-mètre avec (1/2,5) comme ratio sol-eau; du phosphore assimilable, par la méthode Bray1 ; des cations échangeables, par la méthode à l'acétate d'ammonium pH = 7 ; de la capacité d'échange cationique (CEC), par l'extraction au KCl 10 % puis

distillation par la méthode de Kjeldahl) ; des cations échangeables (Ca, Mg et K), dosés au Spectrophotométrie à Absorption Atomique.

L'expérimentation a été installée sur sol ferrugineux tropical lessivé hydromorphe selon la méthode Igue (2011).

La texture du sol est limon-argilo-sableuse dans les 20 premiers centimètres avec des taux de 30 % d'argile et 67 % de sable. Elle devient argileuse avec 53 % d'argile et 37 % de sable en profondeur. La teneur en matière organique de 1,58 % est moyenne dans les 20 premiers cm et très faible (0,24 %) entre 20-50 cm. La teneur en azote de 0,069 %, à pH 5,8, moyennement acide est moyenne en surface. La somme des bases de 15 à 20 méq/100g de sol est élevée et la CEC de 8 méq/100g de sol est faible en surface et moyenne (12 méq/100g de sol) entre 20-50 cm de profondeur de sol. La saturation en bases est moyenne à forte dans les mêmes tranches de sol. Le rapport Ca/Mg varie entre 1,5 et 2 et indique un bon équilibre entre les deux cations. Celui de Mg/K variant de 99 et 66, montre un déséquilibre entre ces deux cations. Ceci est signe d'une carence en potassium dans le sol. Le taux de phosphore assimilable est très faible (0,046 mg/100g) dans ce sol. Somme toute, le sol présente un bas niveau de fertilité.

Matériel végétal

Les variétés de riz Nerica 1 , Nerica 2 , Nerica 4 ont été les trois variétés de semences de riz utilisées pour l'évaluation.

Méthodes

Dispositif expérimental et traitements

En 2012, trois différentes parcelles avaient abrité chacune la culture de maïs, du niébé et de l'association maïs-niébé. En 2013, le dispositif expérimental est un split plot avec pour parcelles principales 3 variétés de riz Nerica et pour parcelles secondaires 2 niveaux de fumure randomisées dans trois répétitions. Ces parcelles ont été installées sur des précédents maïs, niébé et maïs-niébé de l'année 2012. Les variétés de riz sont: Nerica 1, Nerica 2 et Nerica 4. Les pratiques de fumure sont: i) sans fumure et ii) 24 kg/ha de superphosphate triple et 36 kg/ha d'urée. Chaque unité parcelle mesure 3m x 3 m et espacée de 0,20 m. La distance qui sépare deux blocs est de 0,50 m. Au total, on a 486 m² de surface mise au propre à la machette et dont les résidus ont été enfouis exclusivement à la houe. Le semis a été réalisé à 5 graines par poquet avec un écartement de 0,20 m x 0,20 m. Le démariage à 3 plants a été faite au 15^{ème} jour après le semis pour permettre d'avoir une

densité régulière par poquet. Deux sarclages ont été réalisés le 30^{ème} et le 60^{ème} jours après le semis.

Méthodes de collecte des données sur la plante

Les paramètres de croissance sont relatifs à la hauteur des plants, le nombre de talles, le nombre moyen de panicules et la biomasse des plants de riz.

Hauteur des plants et nombre de talles

La hauteur des plants a été mesurée trois fois : durant la phase végétative (30^{ième} et 60^{ième} jours après le semis) et la maturité (90^{ième} jours après le semis). Pour les plants en phase végétative, la mesure de la hauteur a été faite en prenant la distance du sol au bout de la plus haute feuille a été faite. Quant aux plants en période reproductive ; il a été mesurée la distance du sol à l'extrémité des panicules du plus haut plant de la touffe. Cette mesure a été faite sur six touffes des lignes du centre réparties au hasard sur la parcelle élémentaire. A chaque mesure de hauteur, le nombre de talles a été compté. Une superficie de 1 m² a été délimitée dans chaque micro parcelle pour le comptage du nombre de talles du riz pendant le tallage.

Nombre moyen de panicules

A la maturité (90^{ième} jours après le semis), le nombre de panicules a été compté. Le nombre moyen de panicules a été estimé sur six touffes échantillonnées au hasard par parcelle élémentaire. Pour chacune d'elle, le nombre total de brins ou talles et le nombre de panicules a été mesuré.

Mesure de la biomasse des plants de riz

La mesure de la biomasse a été faite sur les plants au stade de maturité avec la récolte des grains. Pour ces prélèvements, les trois (3) lignes centrales ont été retenues, et ceci, sans effet de bordure. Les échantillons ont été prélevés pour permettre les estimations de biomasse sur la base des taux d'humidité obtenus au laboratoire après un séchage à l'étuve à 75 C pendant 72 h au moins.

Rendement de grain.

A la récolte, des placettes de 1,68 m² (0,6 m x 3,2 m de côté) ont été délimitées dans chaque parcelle élémentaire pour l'estimation du rendement du riz pour chaque variété. Les trois lignes centrales ont été récoltées et pesées. Le rendement est calculé suivant la formule :

$$\text{Rendement} = \frac{P * S}{1,68} \text{ avec } P : \text{ poids du riz paddy de chaque carré de rendement}$$

S: superficie d'un ha (10.000 m²). L'estimation du rendement en paddy a eu lieu à la récolte sur une surface utile soustraite de tout effet de bordure. Les trois (3) lignes centrales ont été prises en compte dans chaque parcelle élémentaire soit une superficie de 1,68 m² et leur poids frais a été pris à l'aide d'une balance de portée maximale 10kg, le jour de la récolte.

Le rendement fruit a été ensuite estimé par hectare. Le rendement en paille (R.P) a été rapporté au poids sec de la paille obtenu après le battage sur la surface de récolte (1,68 m²) pour déterminer le rendement et les écarts de rendement

$$R.P = \frac{PsPaille}{Surface\ de\ récolte\ (1,68\ m^2)}$$

Analyses statistiques

Les analyses de variance sur mesures répétées ont été réalisées sur la hauteur des plants et le nombre moyen de talles en utilisant le logiciel SAS version 9.2. Le nombre moyen de panicules, le nombre moyen de talles et le rendement ont été soumis à une analyse de variance suivie de la structuration des moyennes à l'aide de Minitab 17.

RÉSULTATS

Effet des précédents culturels et de la fumure sur paramètres de croissances des trois variétés de Nerica

Les hauteurs moyennes des plants sont consignées dans le Tableau 1. Il ressort de l'analyse de ce tableau que les hauteurs les plus élevées ont été observées avec le précédent niébé et l'application de la fumure. Ceci témoigne ainsi de l'effet bénéfique du développement et de la croissance du Nerica suite à l'arrière effet de la légumineuse. L'analyse de variance sur mesures répétées de la hauteur des plants a révélé que la hauteur des plants de riz croît significativement ($p = < 0,0001$) dans le temps et a été positivement affectée par les précédents ($p = 0,0003$) et les doses d'engrais ($p = < 0,0001$). Par ailleurs, le nombre moyen de talles (Tableau 2) varie avec la variété de riz Nerica et des doses d'engrais appliquées. Le Nerica 2 a produit plus de talles que les autres variétés de riz après le 60^{ième} jour après le semis. De plus, les doses d'engrais ont un impact positif sur la croissance et le développement des variétés de riz Nerica. Le nombre moyen de talles (Tableau 3) croît significativement ($p = < 0,0001$) dans le temps. Le Nerica 2 a produit plus de talles que les autres variétés de riz après le 60^{ième} jour après le semis. De plus, les doses d'engrais ont un impact positif sur la croissance et le développement des variétés de riz Nerica. L'analyse sur mesures répétées a permis de constater que les précédents culturels et les doses d'engrais

appliquées ont amélioré significativement la croissance et le développement des variétés de riz Nerica.

Tableau 1. Hauteur moyenne des plants (cm)

| Facteurs | Jours après semis | | |
|---|-------------------|-------|-------|
| | 30 | 60 | 90 |
| Précédents | | | |
| Maïs | 46,7 | 84,7 | 99,1 |
| Maïs-niébé | 47,7 | 92,7 | 104,2 |
| Niébé | 50,3 | 90,3 | 110,4 |
| Doses d'engrais | | | |
| 0 N 0 P ₂ O ₅ | 46,0 | 74,4 | 84,8 |
| 17N 11 P ₂ O ₅ | 50,4 | 104,1 | 124,3 |
| Précédents x doses d'engrais | | | |
| Maïs x 0 N 0 P ₂ O ₅ | 45,9 | 71,7 | 75,6 |
| Maïs x 17N 11 P ₂ O ₅ | 47,4 | 97,8 | 122,7 |
| Maïs-Niébé x 0 N 0 P ₂ O ₅ | 43,9 | 76,8 | 88,4 |
| Maïs-Niébé x 17N 11 P ₂ O ₅ | 51,4 | 108,7 | 119,9 |
| Niébé x 0 N 0 P ₂ O ₅ | 48,2 | 74,8 | 90,4 |
| Niébé x 17N 11 P ₂ O ₅ | 52,3 | 105,9 | 130,4 |

Tableau 2. Nombre moyen de talles

| Facteurs | Jours après semis | | |
|---|-------------------|------|------|
| | 30 | 60 | 90 |
| Variétés de riz Nerica | | | |
| Nerica 1 | 6,2 | 8,6 | 8,6 |
| Nerica 2 | 6,1 | 12,7 | 12,7 |
| Nerica 4 | 6,1 | 8,4 | 8,4 |
| Doses d'engrais | | | |
| 0 N 0 P ₂ O ₅ | 5,6 | 5,6 | 5,6 |
| 17N 11 P ₂ O ₅ | 6,7 | 14,2 | 14,2 |
| Variétés x doses d'engrais | | | |
| Nerica 1 x 0 N 0 P ₂ O ₅ | 5,9 | 5,2 | 5,2 |
| Nerica 1 x 17N 11 P ₂ O ₅ | 6,6 | 11,9 | 11,9 |

| Facteurs | Jours après semis | | |
|---|-------------------|------|------|
| | 30 | 60 | 90 |
| Nerica 2 x 0 N 0 P ₂ O ₅ | 5,9 | 6,4 | 6,4 |
| Nerica 2 x 17N 11 P ₂ O ₅ | 6,3 | 19,0 | 19,0 |
| Nerica 4 x 0 N 0 P ₂ O ₅ | 5,1 | 5,1 | 5,1 |
| Nerica 4 x 17N 11 P ₂ O ₅ | 7,1 | 11,7 | 11,7 |

Tableau 3. Effet des précédents, des variétés, de la fumure et de leur interactions sur la hauteur et le nombre de talles

| Source | ddl | F value | |
|------------------------------|-----|-----------|-----------------|
| | | Hauteur | Nombre de talle |
| Temps | 2 | 916,4**** | 45,09**** |
| Temps*système | 4 | 2,84* | 1,46 |
| Temps*variété | 4 | 2,72 | 6,64** |
| Temps*fumure | 2 | 88,5**** | 45,98**** |
| Temps*système*variété | 8 | 1,18 | 0,33 |
| Temps*système*fumure | 4 | 3,53* | 0,50 |
| Temps*variété*fumure | 4 | 1,42 | 4,32* |
| Temps*système*variété*fumure | 8 | 1,19 | 1,30 |

* Significatif au seuil de 0,05
 ** Significatif au seuil de 0,01
 **** Significatif au seuil < 0,001



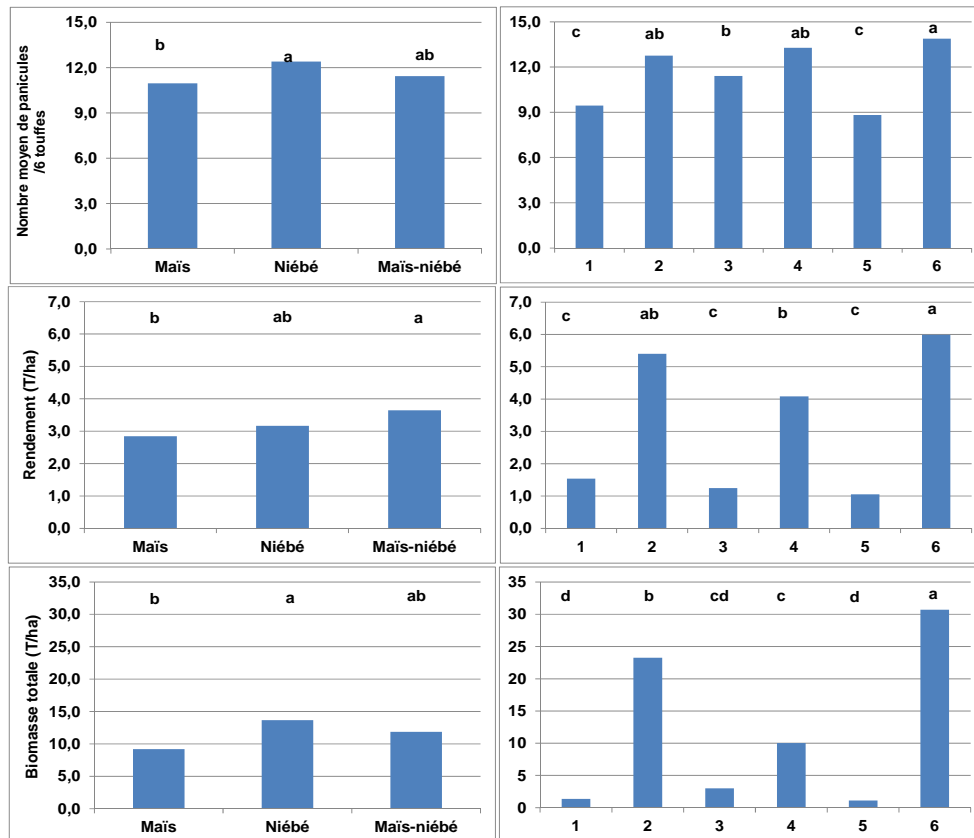
Figure 2. Profil du sol d'étude, Source IGUE, 2011

Effet des précédents culturaux et de la fumure sur paramètres de rendement des trois variétés du riz Nerica

Les effets des précédents culturaux sur les composantes du rendement sont présentés dans la Figure 3a et la Figure 3b. Le précédent niébé, seul ou associé au maïs a amélioré la biomasse du riz, son rendement et la production du nombre moyen de panicules. Le précédent maïs a montré les plus faibles valeurs de biomasse totale, de nombre moyen de talles (Figure 3a). Les augmentations de rendement de 283 %, 386 % et 494 % respectivement pour le Nerica 2, le Nerica 1 et le Nerica 4 suite à l'apport d'engrais minéral ont été observées par rapport aux parcelles sans engrais. De plus, l'accroissement le nombre de panicules sur les parcelles ayant reçu 17N et 11 P₂O₅ est de 187 % pour le Nerica 2, de 332 % pour le Nerica 2 et de 508 % pour le Nerica 4. Un relèvement du taux de biomasse totale variant de 2187 % à 2957 % a été observé sur les parcelles fumées comparées au témoin sans engrais minéral.

L'interaction entre la variété et la fumure est très hautement significative ($p = 0,000$). La dose de 17 N 11 P₂O₅ a permis à la variété de Nerica 4 d'exprimer ses potentialités en biomasse totale (Figure 3a). Ensuite viennent respectivement la variété Nerica 1 avec la fumure 17 N 11 P₂O₅, et la variété Nerica 2 avec la même fumure 17 N 11 P₂O₅. Sans engrais minéral, aucune variété de riz n'a produit une biomasse totale appréciable. L'interaction entre la variété et les doses d'engrais est hautement significative ($p = 0,008$) sur le rendement. Le rendement le plus élevé est obtenu avec la variété Nerica 4 suite à une application de 17 N 11 P₂O₅. Ensuite viennent les variétés Nerica 2 sous la fumure 17N 11P₂O₅ et la variété Nerica 1 sous la même fumure 17N 11 P₂O₅. Les plus faibles rendements ont été obtenus avec les variétés Nerica 1, Nerica 2 et Nerica 4 sous la fumure 0N 0 P₂O₅ (Figure 3b). L'interaction entre la variété et la fumure est hautement significative ($p=0,004$) sur le nombre de panicules. La variété Nerica 4 sous la fumure 17 N 11 P₂O₅ a présenté le rendement le plus élevé suivi respectivement du Nerica 2 avec une application de 0N 0 P₂O₅, des Nerica 1 et Nerica 2 sous la fumure 17 N 11P₂O₅, des Nerica 1 et Nerica 4 sous la fumure 0 N 0 P₂O₅. Les résultats de l'analyse statistique ont révélé une différence hautement significative ($p = 0,008$) pour le nombre moyen de panicules, significative ($p = 0,035$) pour la biomasse totale et le rendement ($p = 0,05$) due aux arrières effets des précédents ayant servi de support à la production des trois variétés de riz Nerica. Ce qui signifie que le rendement de riz paddy, la biomasse totale et le nombre de panicules produits ont été positivement affectés par l'enfouissement des différents résidus de maïs, de niébé et de l'association maïs-niébé. Les fanes de niébé ont induit les plus fortes productions de

biomasse totale (Figure 3a) et du nombre moyen de panicules produit (Figure 3a). Le précédent maïs + niébé a produit le rendement grain de riz paddy le plus important (Figure 3a). Il ressort des résultats que les plus faibles productions de grain de riz paddy, de nombre de panicules et de biomasse totales ont été observées avec le précédent maïs. Ce qui veut dire que ce système n'améliore pas la production de riz.



1: Nerica 1 x 0 N 0 P₂O₅, 2: Nerica 1 x 17 N 11 P₂O₅, 3: Nerica 2 x 0 N 0 P₂O₅,
 4: Nerica 2 x 17 N 11 P₂O₅, 5: Nerica 4 x 0 N 0 P₂O₅, 6: Nerica 4 x 17 N 11 P₂O₅

Figure 3a. Effets des précédents maïs, niébé et Maïs-niébé sur les composantes des trois variétés de riz Nerica

Figure 3b. Effets des interactions variétés d'engrais sur les composantes du rendement des trois variétés de riz Nerica

Il ressort de tout ce qui précède que l'effet de l'application d'engrais a été fortement remarquable sur la production de biomasse et de grain de riz

paddy. Suite à l'application d'engrais sur le riz, la production de biomasse et de grain de riz paddy sont importantes contrairement aux parcelles n'ayant reçu aucune application d'engrais. Sans application minérale, les rendements de biomasse totale et de grain sont très faibles. Ceci témoigne de l'effet très appréciable de l'engrais minéral appliqué à cette culture, ce qui a été confirmé par l'analyse statistique qui a révélé une différence hautement significative ($p = 0,000$) tant pour le rendement de grain de riz paddy et la biomasse totale produite. De plus, Le NERICA 4 a présenté la plus forte production de biomasse et un rendement élevé. Le NERICA 2 a montré les plus faibles rendements de grain paddy et de biomasse. Une différence significative ($p = 0,025$) pour le rendement de grain de riz paddy et hautement significative ($p = 0.001$) a été observée pour la production de biomasse montrant que les précédents culturaux ainsi que l'application d'engrais ont positivement affecté ces variétés de NERICA en comparaison.

DISCUSSION

La croissance en hauteur et le tallage des plants pour toutes les variétés de riz sont plus rapides avec l'apport de fumure minérale que sans apport de fumure (Lacharme, 2001 ; CNRA, 2010). Selon Zoffoun *et al.* (2002), les parcelles sous culture rizicole fumées font accroître la hauteur des plants et le nombre de talles qui améliorent à leur tour le rendement de la culture suivante. Il en est de même pour les autres paramètres de croissance.

L'application de la fumure a induit au niveau de toutes les variétés, une augmentation du nombre de panicules, de la production de biomasse et le rendement en grains paddy. Cette augmentation de la production est due à l'amélioration des taux de nutriments apportés par les fumures dans le sol. En effet les variétés de riz NERICA sont appelées «étouffeuses de mauvaises herbes» car, de par leur biomasse dense, elles étouffent les adventices, réduisant ainsi les mauvaises herbes dans les parcelles et faisant accroître le rendement en grains paddy de NERICA (Assigbé, 2002). Au niveau des parcelles fumées, la variété de riz NERICA 4 est la plus productive en considérant tous les paramètres de production du riz (nombre de panicules, de la production de biomasse et de grains du riz paddy). Ces résultats sont similaires avec ceux de Koné *et al.* (2009) ; Akakpo *et al.*, (2001) ; Assigbé (2002). Ceci peut s'expliquer par une valorisation des potentialités de cette variété par les engrais azotés et phosphorés.

Au niveau des parcelles non fumées en revanche, la variété de riz NERICA 2 a produit plus de panicules et de biomasse que les deux autres variétés NERICA 1 et NERICA 4 ; elles auraient bénéficié de la décomposition de la matière

organique issue du précédent cultural constitué du niébé. Ces résultats sont confirmés par les travaux de Akakpo *et al.*, (2001). De plus, les précédents culturaux du niébé et de l'association maïs-niébé sont plus favorables à la croissance en hauteur et au tallage des variétés sans apport de fumure. En effet, le riz Nerica 2 valorise bien les précédents culturaux du niébé et de l'association (maïs + niébé), même sans qu'il n'y ait d'apport de fumure. Cette observation a été confirmée par les travaux de Assigbé (2002) et de Kouazoundé (2006) qui ont montré que la variété de riz Nerica 2 valorise bien le précédent niébé, même sans un complément de fumure azotée. Ce système, favorisant apparemment une meilleure décomposition de la matière organique issue du précédent et qui ensuite est mise à la disposition des plants de riz. (Assigbé, 2002). Par ailleurs, les résidus issus de l'association du maïs et du niébé ont été plus bénéfiques pour l'accroissement du rendement du riz paddy que ceux des monocultures de niébé et de maïs. En effet, une partie des engrais appliquée aux parcelles ayant eu pour précédent la culture du maïs a été utilisée par les microorganismes dans la dégradation du paillis de cette culture (Dagbénonbakin, 2005 ; Dagbénonbakin *et al.*, 2012 ; Dagbénonbakin *et al.* ; 2013 ; Sossa, 2012). Une décomposition relativement lente de paillis de l'association maïs-niébé des parcelles ayant eu ce précédent couplé à une bonne gestion des nutriments expliquerait les rendements relativement élevés, observés sur les parcelles ayant eu l'association maïs-niébé comme précédent. Ce système de culture qui permet de relever les teneurs en matière organique et en azote du sol et les rendements en maïs serait très bénéfique pour l'amélioration des rendements en riz.

Il ressort de l'étude que l'introduction du niébé dans le système cultural a accru fortement la production de riz surtout le rendement. Aussi, le maïs et le niébé, fumé ou non améliorent le rendement de la culture suivante si celle-ci est le riz. Zoffoun *et al.*, (2002) ont montré qu'en plus de son effet fertilisant, le niébé dans le système, produit des grains comestibles et garantirait une agriculture durable pour la culture de riz Nerica d'une part, le niébé et le maïs fumés donnent un rendement encore meilleur à ceux non fumés d'autre part. Grâce à la forte production de biomasse, l'association d'une céréale et d'une légumineuse (fixatrice d'azote), permet un enrichissement et une restructuration du sol. Elle est excellente pour amorcer la "pompe" du semis direct et est en particulier de très bons précédents pour les cultures de riz pluvial telles que les variétés de riz Nerica (CNRA, 2010). C'est ainsi que le *Mucuna pruriens utilis*, cultivé en association avec le maïs sur une période de deux ou trois ans, arrive à relever de 200 à 300 % les teneurs initiales du sol en matière organique et en azote et à tripler les rendements en maïs (Azontondé, 2000 ; Azontondé *et al.*, 2007 ; Azontondé & Kpagbin, 2008). Selon

Bado (2002), d'autres effets bénéfiques des légumineuses semblent intervenir dans l'accroissement des rendements. Certains auteurs comme, Zougmore, (2000) préfèrent le terme "effet rotation" pour désigner cet effet positif des légumineuses sur la culture suivante. Cette performance du riz après une précédente culture de niébé pourrait s'expliquer par la capacité du niébé comme toutes les légumineuses à fixer l'azote atmosphérique (Igué *et al.*, 2011) et de la décomposition rapide de ses résidus (Attiogbé, 2010).

Badou *et al.*, (2013) ont signalé dans une étude exploratoire faite au Nigéria que le niébé ou le soja avaient un effet positif sur le rendement de la céréale en rotation et que cet effet prenait de l'importance en fonction de la durée du cycle végétatif de la légumineuse. Cette même observation a été notifiée par Ogoke *et al.*, (2001) et confirme les résultats de la présente étude. Singh *et al.*, (2003), dans des zones semi arides du Burkina Faso ont démontré que l'impact sur le rendement de mil avec l'allongement du niébé utilisé comme précédent est positif et par conséquent avec la quantité de la biomasse produite. En somme, tous ces résultats qui corroborent avec les résultats obtenus dans ce travail montrent l'importance et l'intérêt de la rotation des légumineuses à graines et du riz dans l'amélioration de la sécurisation du rendement de riz Nerica dans la zone agroécologique concernée.

CONCLUSION

La présente étude dont l'objectif principal est de déterminer l'effet de l'apport de fumure sur la croissance et la productivité de trois variétés de riz Nerica dans trois différents systèmes de cultures a permis d'atteindre les principaux résultats ci-après : i) la fertilisation biologique est une alternative à la fertilisation azotée ; ii) le niébé utilisée comme légumineuse de couverture gérée en mulch, permet d'améliorer le rendement du riz pluvial ; iii) un bon tallage stimulé par l'azote, est une composante du rendement du riz pluvial ; iv) sans apport de fumure, la variété Nerica 2 se comporte autant bien avec ou sans apport de fumure car bénéficiant déjà de la fertilisation azotée des légumineuses ; v) l'apport d'engrais pour le semis de cette variété constituerait donc une perte en fumure qui pourrait être utilisée sur une autre variété moins indépendante. Eu égard à ces résultats obtenus, on peut recommander ce qui suit : i) le précédent cultural de l'association maïs + niébé peut être fortement vulgarisé ; ii) le précédent cultural maïs par contre ne constitue pas un bon précédent cultural pour le riz sans un complément d'engrais minéraux. Donc l'utilisation du maïs comme précédent cultural doit être accompagnée d'une compensation en engrais.

REMERCIEMENTS

Les auteurs présentent leurs sincères remerciements à la Fondation Internationale pour la Science (IFS, International foundation for science) pour avoir financé cette étude à travers le Laboratoire d'Ecologie Appliquée de l'Université d'Abomey Calavi.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ADÉGBOLA Y. P. & AROUNA A. 2005. Facteurs socio-économiques déterminant l'adoption et la diffusion des nouvelles variétés NERICA au Bénin. Rapport technique. PAPA/INRAB/MAEP, Porto-Novo. 23p.
- ADEGBOLA Y. P., AHOYO ADJOVI N. R., ALLAGBE C. M., HOUSSOU A. P. F., BANKOLE A-B., DJIDONOU S. J., KOGBETO C. E., KOUMASSA BONOU L., OUSSOU B. C. T., AKAKPO C., GUEDOU E. M. S., HINNOU C. L., POMALEGNI S. C. B., ADJANOHOOUN A., IGUE A. M. & MENSAH G. A. 2014. Etude relative à la filière riz : Elaboration d'un document référentiel. Deuxième partie : Analyse bibliographique critique des travaux effectués par domaine sur le riz et la riziculture au Bénin. Document Technique et d'Informations. Dépôt légal N° 7514 du 15 octobre 2014, 4ème trimestre, Bibliothèque Nationale (BN) du Bénin. ISBN : 978-99919-0-136-7. Le document technique et d'informations est en ligne (on line) sur les sites web <http://www.inrab.org> et <http://www.slire.net>.
- ADÉGBOLA Y. P. & SODJINOUE E. 2003. Analyse de la filière riz au Bénin, Rapport définitif: 240p.
- AKAKPO C., ALLAGBÉ M. & ADOMOU M. 2001. Essai rotation maïs / niébé à Adingnigon in Actes Atelier scientifique Sud-Centre 2001. INRAB/MAEP, Cotonou BENIN ; pp 192-195.
- AKINTAYO L., Cisse B. & ZADJI L. 2008. Guide pratique de la culture des NERICA de plateau. Centre du riz pour l'Afrique (ADRAO). Juillet 2008, pp 26-27.
- AMADJI F., ADJE T. & MALIKI R. 2001. Gestion durable des terres avec des légumineuses herbacées : approches méthodologiques pour une rapide et large adoption des technologies. Atelier Scientifique Sud et Centre du 12 au 13 décembre 2001 à Niaouli, pp. 214-223.
- AMADJI G. L. & MIGAN D. Z. 2001. Influence d'un amendement organique (compost) sur les propriétés physico-chimiques et la productivité d'un sol ferrugineux tropical. *Annales des Sciences Agronomiques du Bénin*. 2 (2): 123 -139.
- ASSIGBE P. 2002a. Contribution des légumineuses et des cultures de rotation à l'amélioration de la fertilité des sols et la durabilité des systèmes rizicoles de bas-fonds; Acte 4 de la l'Atelier Scientifique Sud du 10 au 12 décembre 2003 à Abomey Calavi ; pp 261-265. INRAB/MAEP, Cotonou, Bénin.
- ASSIGBEP. 2002b. Rapport d'expérimentation d'engrais spécifique sur le riz au Bénin. INRAB/MAEP, Cotonou, Bénin
- ATTIOGBE C.I.P. 2010. Potentialité Pédologiques et Productions Agricoles dans la Commune de Glazoué. Diplôme de Maîtrise en Géographie. Département de Géographie et Aménagement du Territoire (DGAT). Faculté des Lettres, Arts et Sciences Humaines (FLASH) d'Abomey-Calavi. 98 p.
- AZONTONDE H. A. 2000. Dynamique de la matière organique et de l'azote dans le système Mucuna-maïs sur un sol ferrallitique (terres de barre) au Sud-Bénin. Thèse de doctorat unique, Ecole Nationale Supérieure d'Agriculture de Montpellier, France, 241 p.
- AZONTONDE H. A., HAZOUME F. A., GNAGASSI C. & KPAGBIN G. 2007. Impact d'une plante de couverture (*Mucuna pruriens utilis*) sur la productivité du maïs et les propriétés d'un sol ferrallitique du Sud-Bénin. Bulletin de la Recherche Agronomique n° 50 : 47-56.

- AZONTONDE H. A. & KPAGBIN G. 2008. Influence du système Mucuna-maïs sur le bilan de l'azote sur un plateau de sol ferrallitique du Couffo au Sud-Bénin. Bulletin de la Recherche Agronomique n° 59 : 9-22.
- BADO B. V. 2002. Rôle des légumineuses sur la fertilité des sols ferrugineux tropicaux des zones guinéennes et soudaniennes du Burkina Faso. Thèse de PhD. Faculté des Sciences de l'Agriculture et de l'alimentation. Université LAVAL/Québec. 197p.
- BADOU A., AKONDE P. T., ADJANOHOUN A., ADJE I. T., AÏHOU K. & IGUE A. M. 2013. Effets de différents modes de gestion des résidus de soja sur le rendement du maïs dans deux zones agroécologiques du Centre-Bénin. Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin (BRAB) - Numéro spécial Fertilité du maïs – Janvier 2013. BRAB est en ligne (on line) sur le site web <http://www.slire.net>.
- CARSKY R. J., DOUTHWAITE B., MANYONG V. M., SANGINGA N., SCHULZ S., VANLAUVE B., DIELS J. & KEATINGUE J. D. H. 2003. Amélioration de la gestion des sols par l'introduction de légumineuses dans les systèmes céréaliers des savanes africaines *Cahiers Agriculture*. **12** (4): 227-233.
- CNRA 2010. Centre National de Recherche Agronomique, Côte- d'Ivoire, 2010
- DAGBÉNONBAKIN G. D. 2005. Productivity and water use efficiency of important crops in the Upper Oume Catchment: influence of nutrient limitations, nutrient balances and soil fertility. Thèse pour l'Obtention de Doctorat es-Sciences Agronomiques. University of Bonn, Germany. ISBN 3-937941-05-3; 182 p.
- DAGBÉNONBAKIN G. D., CHOUGOUROU, AHOYO ADJOVI N., FAYALO G. & IGUE A. M. 2012. Effets du compost et du N₁₄P₂₃K₁₄S₅B₁ sur la production et les caractéristiques du rendement de coton graine au Nord Bénin. Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin (BRAB) Numéro spécial Coton – Septembre 2012. BRAB en ligne (on line) sur le site web <http://www.slire.net>. ISSN sur papier (on hard copy) : 1025-2355 et ISSN en ligne (on line) : 1840-7099.
- DAGBÉNONBAKIN G. D., DJÈNONTIN A. J., AHOYO ADJOVI N., IGUE A. M., AZONTONDE H. A. & MENSAH G. A. 2013. Production et Utilisation de Compost et Gestion des Résidus de Récolte. Dépôt légal N° 6529 du 18 Janvier 2013, 1^{er} trimestre, bibliothèque nationale (BN) du Bénin. ISBN : 978-99919-1-230-1.
- KONÉ B., AMANDJI G. L., IGUÉ A. M. & OGUNBAYO A. 2009b. Rainfed upland rice production on a derived savannah soil in West Africa. *Journal of Animal & Plant Sciences*. Vol. 3, Issue 1: 156 - 162. <http://www.biosciences.ewela.org/JAPS>; ISSN 2071 – 7024.
- CNRA: 2010. Nous inventons aujourd'hui l'agriculture de demain. Fiche technique Centre National de Recherche Agronomique, Côte- d'Ivoire, 2010.
- FAO, 1997. Annuaire statistique, www.fao.org. 12 décembre 2012 à 11h.
- FAO, 2001. Annuaire statistique, www.fao.org. 12 décembre 2012 à 11h.
- GENXING P., PING Z., ZHIPENG L., PETE S., LIANQING L., DUOSHENG Q., XUHUI Z., XIAOBO X., SHENGYUAN S. & XUEMIN C. 2009. Combined inorganic/organic fertilization enhances N efficiency and increases rice productivity through organic carbon accumulation in a rice paddy from the Tai Lake region, China. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 131, 274–280.
- HOUMÈNOU B. E. E. C.E. 2013. Effet de l'enfouissement de pailles de niébé et demaïs-niébé sur la productivité de trois variétés de riz NERICA à Kpakpazoumè dans la commune de Glazoué. Diplôme de Master 2 en Production Végétale. Université catholique de l'Afrique de l'Ouest (UCAO), Cotonou, Bénin ; 82p.

- IGUE A. M. 2004. Impact of land use effect on chemical and physical soil characteristics in Colline Department of Benin. Proceedings Fourth International Conference on Land Degradation. CARTAGENA Spain. Abstract p. 301, Symposium N° 44, paper 651 on CD-ROM.
- IGUE A. M., GAISER T. & STARH K. 2004. A soil and terrain digital database (SOTER) for improved land use planning in Central Benin. *Europ. J. Agronomy* 21 (2004) 41-52.
- IGUE A.M., BELLO M., GAISER T. & STAHR K. 2007. Dégradation des terres du bassin versant de Lotho dans la commune de Dassa-Zoumé (Département des Collines). 4ème édition de l'Atelier Scientifique National de la Recherche Agricole du Bénin du 11 au 14 décembre 2007. Résumé. Pp.34-35. CRA-Centre/INRAB/MAEP/Bénin.
- IGUE A. M., HOUNDAGBA C. J., CHABI A. & ASSIGBE P. 2011. Impact de l'aménagement sur la fertilité des sols, la production du riz et du gombo de contre saison dans le bas-fond de Gankpétin (commune de Dassa-Zoumé). *Bulletin de la Recherche Agronomique, N° Spécial bas-fond, mars 2011.*
- IGUE A. M. 2011. Diagnostic des ressources en sols de la vallée du fleuve Ouémé. In Acte Atelier de Restitution et de validation du Diagnostic et Etat des Lieux pour la réalisation du SDAGE du Bassin de l'Ouémé. Atelier de Restitution et de validation tenu à Dassa-Zoumé du 12 au 14 décembre 2011. DG/Eau, Cotonou, Bénin/ Ambassade des Pays Bas, Cotonou; pp. 78-125.
- INSAE, 2004. Atlas Monographique des Communes du Bénin, 2004.
- INSAE, 2010. Atlas Monographique des Communes du Bénin, 2010.
- KONE B., AMADJI G. L., IGUE A. M. & OGONBAYO A. 2009. Rainfed upland rice on a derived savannah soil in West Africa. *Journal of Animal & Plant Sciences*. Vol. 3, Issue 1: 156-162, <http://www.biosciences.elewa.org/JAPS>; ISSN 2071 – 7024.
- KOUDOKPON V. 1992. La recherche appliquée en milieu réel : *In* : Koudokpon V. (ed.) Pour une recherche participative. Stratégie et développement d'une approche de recherche avec les paysans au Bénin. Cotonou, Bénin : Direction Recherche Agronomique. Amsterdam, The Netherlands : Royal Tropical Institute (KIT), 21-30.
- KOROGONE A., ADAMOU B. & PRIMAVERA D. 2008. Impact de la hausse de prix sur la sécurité alimentaire au Bénin, Rapport d'évaluation rapide, Cotonou-Bénin. 39p.
- KOUAZOUNDÉ B. A. K. 2006. Innovations paysannes pour la gestion intégrée des adventices dans les rizicultures des communes de Dassa-Zoumé et de Glazoué au Bénin. Thèse d'ingénieur Agronome FSA-UAC, Abomey-Calavi, Bénin. 104p.
- LACHARME M. 2001. La production de semences certifiées règles à suivre à l'exploitation. *In* : *Mémento Technique de Riziculture pour la vallée du fleuve Sénégal*. Fascicule 10. Ministère du Développement Rural et de l'Environnement -Coopération Française. 13p.
- OGOKE I. J., CARSKY R. J., TOGUN A.O. & DASHIELL K. 2001. Maize yield following phosphorus-fertilized soybean in the Nigerian guinea savanna in BADU-APRAKU B., FAKOREDE M. A. B. OUÉDRAOGO M. R. J. CARSKY R. J. edits. *Impacts, challenges and Prospects of Maize Research and Development in West and Central Africa Proceedings of a Regional Maize Workshop* 4-7 May, 1999, Cotonou, Bénin IITA . 205- 213.
- REIJNTJES C., HAVENKORT B. & WATERS-BAYER A. 1995. Une agriculture pour demain: Introduction à une agriculture durable avec peu d'intrants externes. Karthala : CTA. 36 p.
- RNIB (Rapport National d'Investissement Bénin), 2008. Syrte, Jamahiriya Arabe Libyenne, Cotonou, Bénin, 14p.
- SINGH A., CARSKY R. J., LUCAS E.O. & DASHIELL K. 2003. Maize grain yield response to previous soybean crop and residue management in the Guinea Savanna of Nigeria dans BADU-APRAKU B., FAKOREDE M. A. B. OUÉDRAOGO M. R. J. & CARSKY R. J. EDITS. *Impacts, challenges*

- and Prospects of Maize Research and Development in West and Central Africa Proceedings of a Regional Maize Workshop 4-7 May, 1999, Cotonou, Bénin Ibadan (Nigeria) IITA 2001. 214- 224.
- SOSSA E. L. 2012. Arrière effet de la fertilisation et des résidus de récolte du niébé (*vigna unguiculata*) sur la production du riz de bas-fond dans un système de culture riz-maraichage. Mémoire de DEA. FSA/UAC. 72p.
- TRAN, V. A. & BOKO K. A. 1978. Recueil des méthodes d'analyses des sols. Projet d'Agro-Pédologie Cotonou République Populaire du Bénin. 53 p. +illustrations.
- ZINSOU A. J., 2008. Etude économétrique de l'offre du riz local au Bénin à partir des données transversales. Thèse d'ingénieur en Economie/ENEAM/UAC, Cotonou. 76p.
- ZOFFOUN G. A., AÏHOUNOU T. P. & AKAKPO C. 2002. Relèvement de la fertilité des sols par rotation maïs et niébé fumés, p192, in Actes Atelier scientifique INRAB/MAEP, Cotonou, Bénin.
- ZOUGMORE R. 2000. Étude des techniques de récupération de zipellés à l'aide du zaï et/ou du paillage. Rapport INERA/(BurkinaFaso) : INERA/CES-AGF, 1995 ; 47 p.