

Effet de la co-inoculation du rhizobium et de mycorhizes sur les performances agronomiques du niébé [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] au Niger

Kadri Aboubacar¹, Zakari Moussa Ousmane¹, Harouna Issa Amadou², Seydou Issaka¹, Alzouma Mayaki Zoubeirou^{2*}

¹Université Abdou Moumouni de Niamey, Faculté d'Agronomie, BP : 10960 Niamey, Niger

²Université Abdou Moumouni de Niamey, Faculté des Sciences et Techniques, BP : 10662 Niamey, Niger

^{2*}Auteur-correspondant : Alzouma Mayaki Zoubeirou : E-mail : alzoumazoub@yahoo.fr

Original submitted in on 7th October 2013 Published online at www.m.elewa.org on 30th December 2013.

RÉSUMÉ

Objectif : Les sols sahéliens se caractérisent par une faible fertilité dont l'amélioration se fait par la pratique de la jachère ou l'apport du fumier. La fixation de l'azote atmosphérique par certaines légumineuses est peu performante voir inefficace. De nos jours, l'inoculation de rhizobium et de mycorhizes est pratiquée pour améliorer cette fixation.

Méthodologie et résultats : L'expérimentation a été réalisée dans un dispositif split-plot à trois répétitions et trois variétés précoces de niébé (IT90-K 372-1-2, IT89-KD 349-57 et K VX-309-6 G). Les plants de niébé ont été inoculés au champ avec deux (2) inoculum (*Rhizobium* et *Mycorrhizes*).

La co-inoculation augmente significativement de 51% le rendement en grains de la variété K VX-309-6G, (122,30 kg.ha⁻¹ pour le témoin T contre 185,00 kg.ha⁻¹ pour I) et de manière plus remarquable encore celui de la variété IT89-KD 349-57, qui passe de 96,50 kg.ha⁻¹ pour le témoin T à 168,03 kg.ha⁻¹ pour le traitement inoculé I, soit une augmentation de 74%.

Conclusion et application : Ainsi, la co-inoculation a permis d'améliorer les performances agronomiques des trois (3) variétés testées notamment l'augmentation de leur rendement en gousses et en grains.

Les résultats obtenus présentent un intérêt pratique et l'étude doit être poursuivie en vue d'évaluer l'impact de l'inoculum sur la fertilité du sol.

Mots-clés : *Rhizobium*, Mycorhize, inoculation, niébé, Niger.

Abstract

Effect of rhizobial and mycorrhizal co-inoculation on the agronomic performance of cowpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] in Niger

Objective: Sahelian soils are characterized by low fertility whose improvement by fallowing or using the manure. The fixation of atmospheric nitrogen by legumes is some inefficient. The rhizobial and mycorrhizal inoculation is practiced to improve the nitrogen fixation.

Methodology and results: The experimental design is a split-plot with three (3) repetitions. The plant material is composed of three (3) early cowpea varieties that are IT90-K 372-1-2, the IT89-KD 349-57 and K VX-30-309-6-G). The cowpea plants were inoculated in the field with two (2) inoculum (*Rhizobium* and *mycorrhizae*). The co-inoculation significantly increased by 51% the grain yield of K VX-30-309-6G variety (122.30 kg ha⁻¹ for the

Check T versus 185.00 kg ha⁻¹ for I) and so even more remarkable than the IT89-KD 349-57 variety, going from 96.50 kg ha⁻¹ for the Check T to 168.03 kg ha⁻¹ for the inoculated treatment I, for an increase of 74%.

Conclusion and application: The co-inoculation improved agronomic performance of three (3) tested including their increased pod yield and grain varieties. The results are of practical interest and study should be continued to assess the impact of inoculum on soil fertility.

Key words: Rhizobium, Mycorrhizae, inoculation, cowpea, Niger

INTRODUCTION

Les sols sahéliens sont surtout des sols ferrugineux tropicaux caractérisés globalement par une faiblesse des principaux indices de fertilité : un taux de matière organique inférieur à 1,5%, une capacité d'échange cationique inférieure à 10 meq/100g et une très faible fertilité minérale, en particulier en phosphore (Boulier et Jouve, 1990). Tous les essais d'amélioration des itinéraires techniques, que ce soit à travers l'optimisation de l'efficacité du travail cultural par rapport aux événements pluvieux (Hoogmoed et Klajj, 1991), de l'utilisation d'engrais azotés (Christianson et Vlek, 1991) ou phosphoré (Bationo et Mokwunye, 1991), ont été positifs, mais leurs utilisations par les paysans sahéliens restent très délicates. A ces contraintes techniques importantes, s'ajoute une conjoncture socio-

économique au Sahel ne permettant pas une diffusion de ces techniques à l'ensemble du territoire. Cependant, certaines plantes telle que le niébé [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.], légumineuse essentielle dans l'agriculture nigérienne, ont la faculté de fixer l'azote atmosphérique grâce à la présence de nodosités racinaires hébergeant des colonies de *Rhizobium*, bactéries symbiotiques. Très souvent cependant, cette fixation symbiotique s'avère peu performante voire inefficace d'où le recours à l'inoculation rhizobienne et mycorrhizienne. Cette étude rentre dans le cadre des activités de Recherche inter-disciplinaire et participative de l'intégration des micro-organismes dans le système agricole de l'Afrique de l'Ouest.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Matériel : L'expérimentation a été réalisée dans le village de Banizombou entre 14° 41.005' N et 1° 57.005 E, en 2010-2011. Le matériel ayant servi à la conduite de l'essai est composé de trois (3) variétés précoces de niébé (IT90-K 372-1-2, KVX-309-6G, IT89-KD 349-57) et de 2 types d'inoculum : le Rhizobium et les Mycorhizes.

Méthodes

Dispositif expérimental : Le dispositif expérimental est un split-plot à trois (3) répétitions (figure 1). Pendant les deux (2) années d'expérimentation, nous avons utilisé le

même dispositif expérimental. Chaque répétition est composée de trois (3) parcelles élémentaires de 6 m de long sur 5 m de large. Les parcelles élémentaires sont séparées de 2 m. Deux (2) facteurs contrôlés ont été étudiés : le facteur *variété* et le facteur *inoculation*. Le facteur variété est placé dans les parcelles principales et comprend 3 modalités : la variété V_1 , la variété V_2 et la variété V_3 . Le facteur inoculation est placé dans les sous parcelles (ou parcelles élémentaires) et comprend deux (2) modalités : inoculé (I) et le témoin non inoculé (NI).

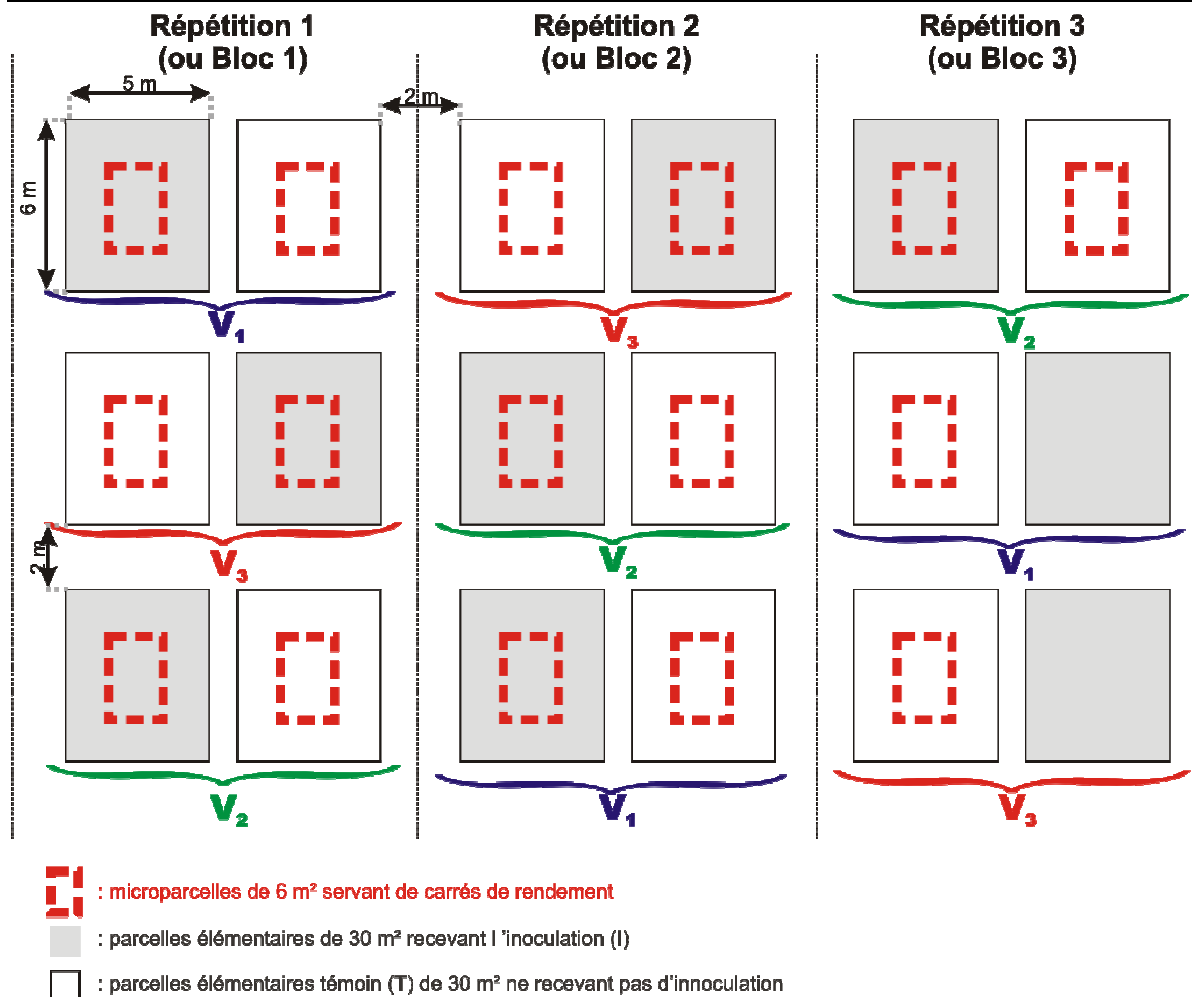
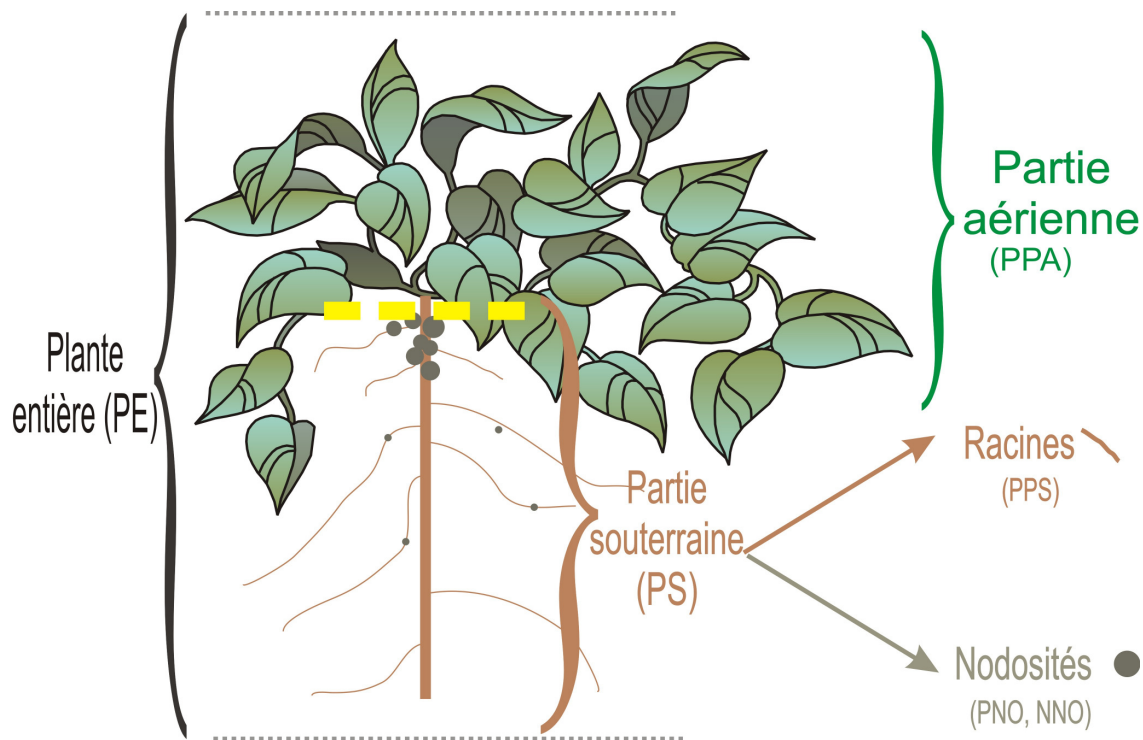


Figure 1 : Schéma représentatif du dispositif expérimental

Paramètres mesurés : Deux (2) séries de mesures ont été réalisées dont une en phase de végétation et l'autre à la récolte. Pendant la phase de croissance végétative des plantes (30 jours après semis (JAS)), il a été procédé au prélèvement des plantes sur les micro-parcelles de prélèvement afin de comparer l'effet de la co-inoculation

sur la croissance des parties aériennes et souterraines des plants de niébé. La technique consiste à déterrer les pieds de niébé de 3 poquets de chaque parcelle élémentaire à l'aide d'une pelle qu'on enfonce dans le sol sur une vingtaine de centimètres (figure 2).



■ ■ ■ ■ ■ ■ : limite de séparation (au niveau du collet) des parties aérienne des parties souterraines

Figure 2 : Schéma représentant les différents organes prélevés puis pesés lors de la 1^{ère} série d'observations

Chaque prélèvement (PE) est réalisé sur des surfaces de 1 m². A l'issue du prélèvement, les différentes parties de la plante sont séparées : la partie aérienne végétative : PPA et la partie souterraine (PS). Les racines (PPS) sont séparées des nodosités afin d'une part de déterminer leur poids (PNO) et d'autre part de procéder à leur comptage (NNO). À la fin de l'essai (75 JAS), sur les micro-parcelles de rendement de 6 m², l'ensemble des 6 poquets de chaque parcelle élémentaire, toutes les plantes sont récoltées puis séchées. Les gousses sont séparées des fanes, le poids frais mesuré (PFG) ainsi que leur nombre (NGO) puis celle-ci sont séchées afin de déterminer leurs poids sec (PGO) et celui des grains (PGN). Six (6) échantillons de 100 grains sont prélevés de manière aléatoire dans chaque micro-parcelle de

rendement en vue de la détermination du poids de 100 grains (P10). Pour les deux (2) séries de prélèvement, tous les organes sont isolés dans des sacs préparés à cet effet puis séchées au laboratoire à la température ambiante pendant trois (3) semaines. L'analyse des données a été réalisée à l'aide du logiciel STATITCF du CIRAD (version 1990). Chaque fois que l'Hypothèse nulle H_0 « d'égalité des moyennes » est rejetée, une comparaison des moyennes à l'aide du *test de Newman-Keuls* est réalisée (Snedecor et Cochran, 1971). Dans le cas contraire, l'analyse prend fin et l'on considère que les moyennes calculées sont issues d'une même population. Les graphiques sont réalisés à l'aide du logiciel Excel 2003 de Microsoft.

RÉSULTATS

Influence de l'inoculation sur la production de matière sèche (MS) de quelques organes des variétés de niébé : Les résultats de la 1^{ère} série d'observations

réalisées un mois après le semis, c'est-à-dire sur les micro-parcelles de prélèvements de 1 m², sont consignés dans le tableau 1.

Aboubacar et al. J. Appl. Biosci. 2013. Effet de la co-inoculation du rhizobium et de mycorhizes sur les performances agronomiques du niébé, Niger

Tableau 1 : Influence de l'inoculation sur la production de matière sèche de quelques organes des 3 variétés de niébé.

Variétés	Traitements	PPA	PPS	PNO	NNO
		g/m ²	g/m ²	g/m ²	m ²
V ₁ = IT90-K 372-1-2	I	0,78	0,21	0,10	9
V ₁ = IT90-K 372-1-2	T	0,83	0,18	0,10	10
V ₂ = K VX-309-6G	I	0,77	0,14	0,10	7
V ₂ = K VX-309-6G	T	0,86	0,15	0,04	7
V ₃ = IT89-KD 349-57	I	0,93	0,20	0,04	6
V ₃ = IT89-KD 349-57	T	0,97	0,23	0,04	5

T : traitement témoin ; I : traitement recevant la co-inoculation (Rhizobium + champignons mycorhiziens)
 PPA = MS des parties aériennes ; PPS = MS des racines ; PNO = MS des nodosités et NNO = nombre de nodosités

L'analyse de la variance ne met pas en évidence de différences significatives au niveau de l'ensemble des paramètres étudiés, notamment la MS des parties aériennes (PPA), la MS des racines (PPS), la MS des nodosités (PNO) et enfin le nombre de nodosités (NNO). On observe des variations de 0,77 à 0,97 g.m⁻², de 0,14 à

0,23 g.m⁻², de 0,04 à 0,10 g.m⁻², respectivement pour PPA, PPS et PNO. Pour le nombre de nodosités (NNO) mesuré par m², il varie de 5 à 10.

Influence de l'inoculation sur le rendement en gousses : La figure 3 illustre l'influence de la Co-inoculation sur le rendement en gousses du niébé.

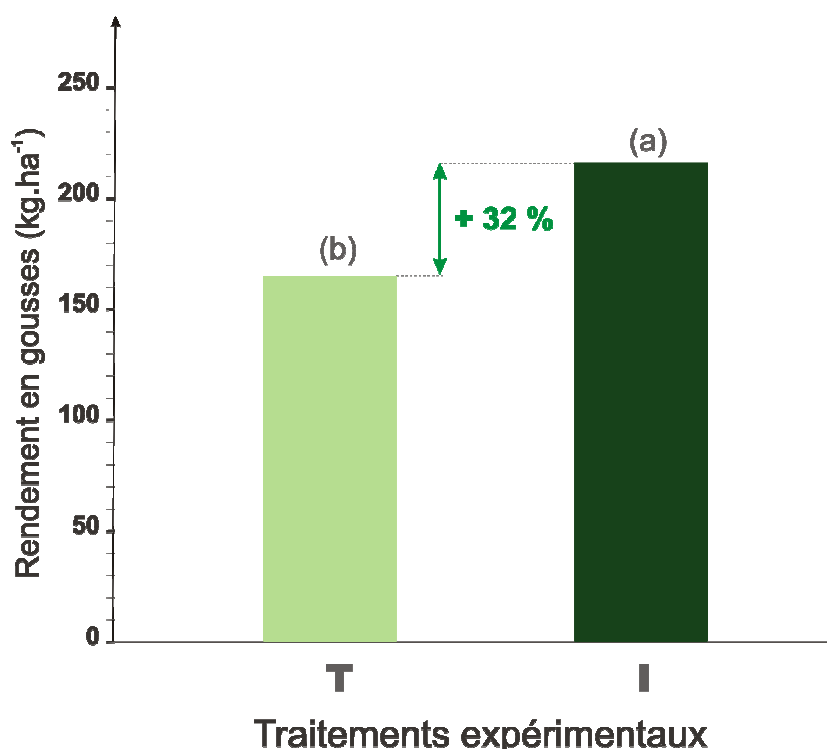


Figure 3 : Effet de la co-inoculation sur le rendement en gousses (kg.ha⁻¹) du niébé

T : traitement témoin ; I : traitement recevant la co-inoculation (Rhizobium + champignons mycorhiziens)

L'analyse statistique révèle une différence statistique au seuil de 5% entre les deux traitements. L'observation des histogrammes montre que l'inoculation combinée (Rhizobium + champignons mycorhiziens) améliore de manière significative de 32% le rendement en gousses du niébé par rapport au témoin, passant de 165,35 kg.ha⁻¹

(T) à 217,88 kg.ha⁻¹ (I). Par ailleurs, l'analyse de la variance met en évidence une forte interaction entre les variétés et les souches microbiennes appliquées aux semences de niébé. Ainsi, la figure 4, montre l'effet de l'interaction entre variétés et inoculation.

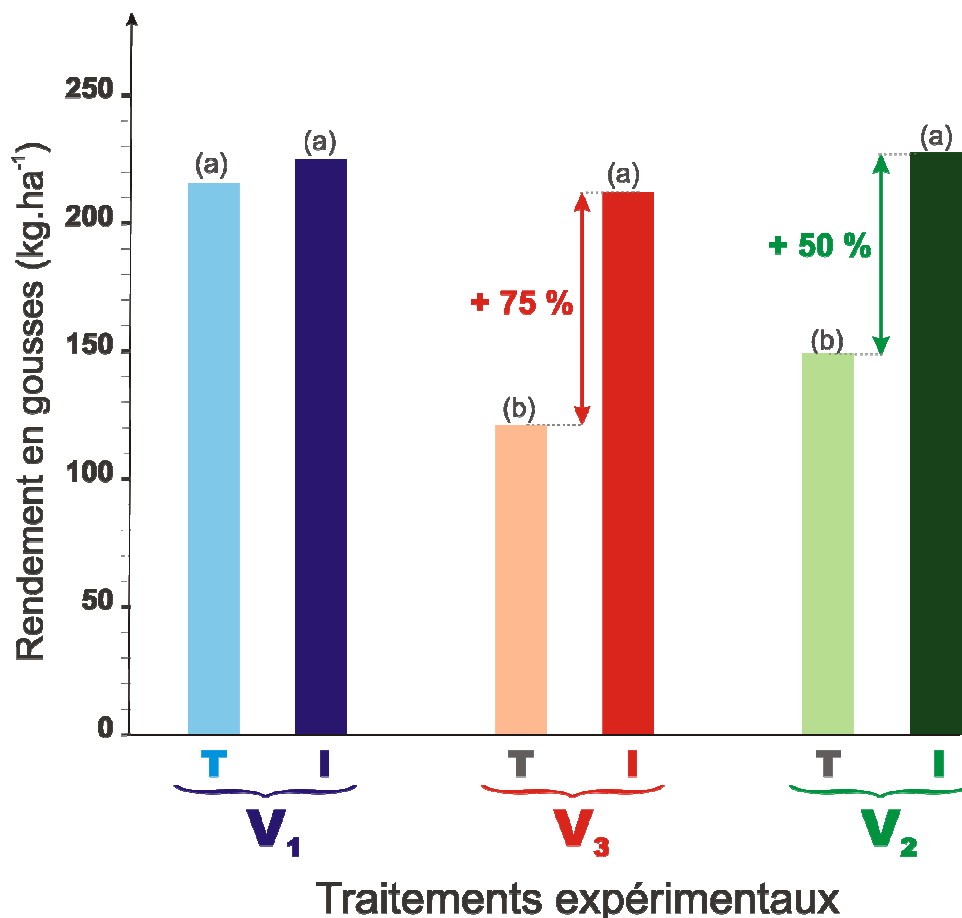


Figure 4 : Interaction variétés de niébé co-inoculation sur le rendement en gousses (kg.ha⁻¹) du niébé
T : traitement témoin ; *I* : traitement recevant la co-inoculation (Rhizobium + champignons mycorhiziens)
 V₁ = variété de niébé IT90-K 372-1-2 ; V₃ = variété de niébé IT89-KD 349-57 et V₂ = variété de niébé KVX-309-6G

Pour chaque variété, les histogrammes surmontés des mêmes lettres ne sont pas statistiquement différents au seuil de 5% tandis que ceux surmontés de lettres différentes le sont. La figure 4 montre que la co-inoculation agit différemment selon les variétés. En effet, si l'inoculation n'augmente pas de manière significative au seuil de 5% le rendement en gousses de la variété V₁ soit IT90-K 372-1-2 (224,30 kg.ha⁻¹ pour le témoin T contre 215,33 kg.ha⁻¹ pour le traitement inoculé I) il en est tout autrement pour les variétés V₂ et V₃. Dans ce dernier cas, la co-inoculation améliore significativement de 50%

le rendement en gousses de la variété KVX-309-6G, soit V₂ (150,62 kg.ha⁻¹ pour le témoin T contre 236,08 kg.ha⁻¹) et de manière plus remarquable encore celui de la variété IT89-KD 349-57 ou V₃, qui passe de 121,12 kg.ha⁻¹ pour le témoin T à 212,20 kg.ha⁻¹ pour le traitement inoculé I, soit une augmentation de 75%.

Influence de l'inoculation sur le rendement en grains : La figure 5 illustre l'influence de la co-inoculation sur le rendement en grains du niébé.

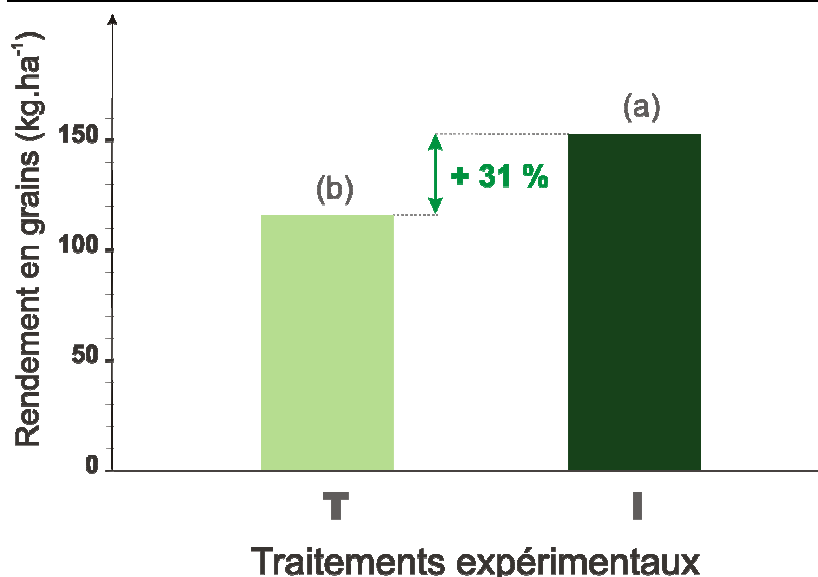


Figure 5 : Effet de la co-inoculation sur le rendement en grains (kg.ha⁻¹) du niébé

T : traitement témoin ; I : traitement recevant la co-inoculation (*Rhizobium* + champignons mycorhiziens)

L'observation de cette figure montre que l'inoculation combinée (*Rhizobium* + *Mycorhizes*) augmente de manière statistiquement significative de 31% le rendement en grains du niébé, passant de 116,30 kg.ha⁻¹

(T) à 153,88 kg.ha⁻¹ (I). Par ailleurs, l'analyse de la variance met en évidence une forte interaction entre les variétés et l'inoculation. Ainsi, la figure 6, montre l'effet de l'interaction entre variétés et co-inoculation.

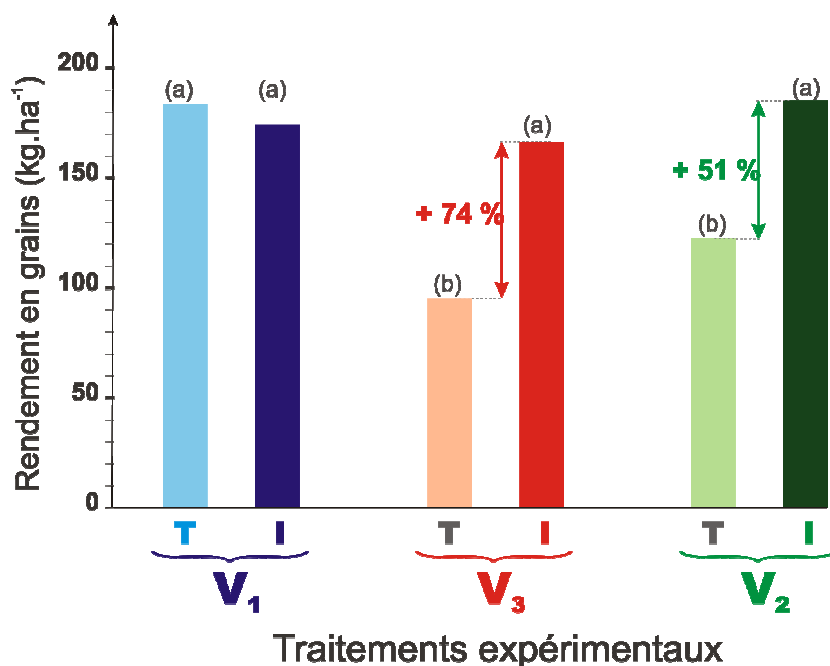


Figure 6 : Interaction variétés de niébé co-inoculation sur le rendement en grains (kg.ha⁻¹) du niébé

T : traitement témoin ; I : traitement recevant la co-inoculation (*Rhizobium* + champignons mycorhiziens)

V₁ = variété de niébé IT90-K 372-1-2 ; V₃ = variété de niébé et IT89-KD 349-57 et V₂ = variété de niébé K VX-309-6G

Pour chaque variété, les histogrammes surmontés des mêmes lettres ne sont pas statistiquement différents au seuil de 5% tandis que ceux surmontés de lettres différentes le sont. La figure 6 montre une variabilité de l'effet de la co-inoculation lié au type de variété. En effet, l'inoculation n'augmente pas de manière statistiquement significative au seuil de 5% le rendement en grains de la variété V₁ (IT90-K 372-1-2) : le rendement en grains est de 183,78 kg.ha⁻¹ pour le témoin T contre 174,03 kg.ha⁻¹

DISCUSSION

Au cours de la 1^{ère} série de mesures, il n'a pas été mis en évidence de différences significatives (au seuil de 5%) au niveau du poids des nodosités (PNO), du nombre de nodosités (NNO), des biomasses racinaire (PPS) et aérienne (PPA). Cela peut s'expliquer par le fait que les mesures ont été réalisées 30 JAS. En effet, chez le niébé de nombreux travaux montrent que les productions de matières sèches maximales sont observées en pleine floraison (Gao et al. 1991 ; Maman, 1993) alors que nos prélèvements ont été faits en phase de croissance végétative. Dans la 2^{ème} série de mesures réalisées à la récolte, l'augmentation significative du rendement en gousses et en grains observée sur les variétés inoculées, V₂ (KVX-309-6G) et V₃ (IT89-KD 349-57) comparée à leurs témoins respectifs non inoculés, est vraisemblablement liée à l'action synergique des deux micro symbiotes (le champignon mycorhize *Glomus agrégat* et la bactérie *Brady rhizobium*) qui ont assuré une meilleure alimentation en phosphore (P) et en azote (N) de la plante. Cet effet bénéfique des deux microorganismes (*Rhizobium* et *champignons mycorhiziens*) a déjà été mis en évidence chez le pois-chiche (Zaidi et al., 2003), chez le soja (Mahdi et Atabani, 1992 ; Meghvansi et al., 2008), chez la lentille (Xavier et

CONCLUSION

L'expérimentation a montré que la co-inoculation rhizobienne et mycorhizienne améliore de manière significative les rendements en gousses et en grains des trois (3) variétés de niébé [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] étudiées. Cette augmentation des rendements apparaît toutefois liée à la fois à la nature des variétés et à celle des souches microbiennes, comme le fait ressortir la forte

pour le traitement inoculé I. Par contre la co-inoculation augmente significativement de 51% le rendement en grains de la variété KVX-309-6G, soit V₂, (122,30 kg.ha⁻¹ pour le témoin T contre 185,00 kg.ha⁻¹ pour I) et de manière plus remarquable encore celui de la variété IT89-KD 349-57 ou V₃, qui passe de 96,50 kg.ha⁻¹ pour le témoin T à 168,03 kg.ha⁻¹ pour le traitement inoculé I, soit une augmentation de 74 %.

Germida, 2002) et chez le niébé (Ames et Bethlenfalvay, 1987 ; Bagayoko et al., 2000). Le champignon *G. aggregatum*, en s'approvisionnant du glucose produit par le niébé puis transporté vers les mycorhizes, facilite quant à lui l'absorption du Phosphore par la plante, ce qui permet de soutenir l'activité de la photosynthèse mais surtout celle de la fixation de l'azote de l'air par les *Bradyrhizobium* : or cette dernière est extrêmement demandeuse en ATP (Adénosine Triphosphate) donc en énergie. Les nodosités améliorent ainsi la teneur en N du système mycorhize-niébé-nodosité, ce qui se traduit finalement par une amélioration de la production de matière sèche et donc des gousses et des graines. L'effet positif de l'inoculation mycorhizienne est d'autant plus marqué que le sol est pauvre en P (Ames et Bethlenfalvay, 1987 ; Bagayoko et al., 2000). Par ailleurs, il est manifeste que la co-inoculation n'affecte pas la variété V₁ (IT90-K 372-1-2), suggérant que ce complexe d'inoculum ne soit pas adapté à cette variété de niébé. Ces résultats montrent à l'évidence que l'utilisation de microorganismes exogènes dans la rhizosphère peut améliorer les performances de certaines variétés de niébé dans cette zone sahélienne du Niger.

interaction variété et inoculation. Ainsi, la variété IT90-K 372-1-2 (V₁) ne voit pas son rendement en gousses et en grains amélioré par l'application de la co-inoculation tandis que l'apport du co-inoculant améliore de plus de 72 % le rendement en gousses et en grains des variétés KVX-309-6G (V₂) et IT89-KD 349-57 (V₃).

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Ames RN et Bethlenfalvay GJ, 1987. Localized increase in nodule activity but no competitive interaction of cowpea *rhizobia* due to vesicular-arbuscular mycorrhiza. *New Phytol.*, 106: 207-215.

Bagayoko M, Georges E, Römheld V et Buerkert A, 2000. Effects of mycorrhizae and phosphorus on growth and nutrient uptake of millet, cowpea and sorghum on a West African soil. *J. Agri. Sc.*, 135: 399-407.

Aboubacar et al. J. Appl. Biosci. 2013. Effet de la co-inoculation du rhizobium et de mycorhizes sur les performances agronomiques du niébé, Niger

- Bationo A et Mokwunye AU, 1991. Alleviating soil fertility constraints to increased crop production in West Africa : The experience in the Sahel. *Fertilizer Research*, 29 : 95 - 115.
- Boulier, F et Jouve, P, 1990. *Évolution des systèmes de production sahéliens et leur adaptation à la sécheresse*. Édit. R3S- CORAF 6 CILSS et CIRAD, Montpellier. 144 pages.
- Christianson CB et Vlek PLJ, 1991. Alleviating soil fertility constraints to food production in West-Africa: efficiency of nitrogen fertilizers applied to food crops. *Fertilizers Research*, 29 : 21 - 33.
- Gaoh MG, Seyni S, Bagnou M et Sygiyama Y, 1991. Étude de la fixation de l'azote par le niébé, deuxième réunion de la coordination du projet régional sur la fixation de l'azote tenue à Tanger (Maroc).
- Hoogmoed, WB et Klaij MC, 1991. Soil management for crop production in the West African Sahel. 1. Soil and climate parameters. *Soil & Tillage Research*, 16: 85 - 103.
- Mahadi AA et Atabani IMA, 1992. Response of *Bradyrhizobium*-inoculated soybean and lablab bean to inoculation with Vesicular-
Arbuscular *Mycorrhizae*. *Expl. Agric.*, 28: 399-407.
- Mamane FA, 1993. Étude de la fixation symbiotique de l'azote (¹⁵N) chez les variétés de niébé [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] cultivées en pots. Diplôme d'Ingénieur des techniques agricoles, Faculté d'Agronomie de Niamey, 63 pages.
- Meghvansi MK, Prasad K, Hawani D et Mahna SK, 2008. Response of soybean cultivars toward inoculation with three arbuscular mycorrhizal fungi and *Bradyrhizobium japonicum* in the alluvial soil. *European Journal of Soil Biology*, 44: 316-323.
- Snedecor GW et Cochran WG, 1971. Méthodes statistiques. Traduit par Boelle H. et Camhaji E. *Imprimerie Rouennaise et Lainé*. 649 pages.
- Xavier LJC et Germida JJ, 2002. Response of lentil under controlled conditions to co-inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi and rhizobia varying in efficacy. *Soil Biology and Biochemistry*, 34: 181-188.
- Zaidi A, Saghir Khan Md et Amil Md, 2003. Interactive effect of rhizotrophic microorganism on yield and nutrient uptake of chickpea (*Cicer arietinum* L.). *European Journal of Agronomy*, 19 (1): 15-21.