

Effets De La Co-Inoculation Des Champignons Mycorhiziens Et Rhizobiums Sur Les Performances Agronomiques De Deux Variétés De Soja (Glycine Max L.) A l'Ouest Cameroun : Cas De l'Arrondissement De Dschang

Jean-Paul KAMSEU MOGO, Marcien KUETE FOGANG, Dalisiane Elodie NJEUMEN NKAYEM, Laure Lysette CHIMI NKOMBO, Emmanuelle Fanny GA'AMGNE OUAMBO, Irène LAKEU MELI, Ariane NJIONJI TANKEU, Ange Gabriel KAMDEM TEGUIA

Station Polyvalente de Recherche Agricole de Dschang - Institut de Recherche Agricole pour le Développement (IRAD), B.P. 44 Dschang, Cameroun



Résumé – La présente étude s'est intéressée à la co-inoculation des champignons mycorhiziens et rhizobiums avec pour objectif d'analyser son effet sur les performances agronomiques de deux variétés de soja (Glycine max L). L'analyse du pH du sol était de 5,7, largement autour de la norme de l'acidité du sol des légumineuses. L'application des traitements sur les variétés de soja montre un effet significatif ($P < 0,05$) sur plusieurs paramètres à savoir la hauteur des plants, le nombre de gousses/plants à 3 et 2 graines, le nombre de nodules, le poids secs des nodules, la biomasse, l'azote et le phosphore total ainsi que la chlorophylle. En effet le traitement rhizobium et rhizobium+mycorhize présente un taux de chlorophylle de $42,04 \pm 3,79$ mg/g et $31,16 \pm 9,23$ mg/g par rapport au témoin qui est de $23,32 \pm 5,8$ mg/g et $11,89 \pm 3,60$ mg/g respectivement pour les variétés TGX 1834-5E et SC SAGA. Par contre l'interdépendance variétés et traitements, de même que l'application des traitements sur les deux variétés de soja n'ont pas d'effet significatif ($P > 0,05$) sur le nombre de feuilles ainsi que sur le nombre de gousses/plant à 4 graines et 0 graines par rapport aux témoins dans les deux variétés. De plus, l'application des traitements sur les deux variétés de soja montre que ceux-ci ont un effet significatif ($P < 0,05$) sur le rendement en tonnes par hectare au niveau des variétés et entre les variétés. Le traitement rhizobium+mycorhize présente le meilleur rendement en gousses pour la variété TGX 1834-5E de $2,02 \pm 0,03$ T/ha contre $1,85 \pm 0,04$ T/ha pour la variété SC SAGA.

Mot clés – Co-inoculation, champignons, mycorhize, rhizobium, soja, sol

Abstract – The present study investigated the co-inoculation of mycorrhizal and rhizobial fungi with the objective of analyzing its effect on the agronomic performance of two soybean varieties (Glycine max L). The analysis of the soil pH was 5.7, largely around the standard of soil acidity of legumes. The application of the treatments on soybean varieties showed a significant effect ($P < 0.05$) on several parameters, namely plant height, number of pods/plant with 3 and 2 seeds, number of nodules, dry weight of nodules, biomass, total nitrogen,

phosphorus and chlorophyll. Indeed, the rhizobium and rhizobium+mycorrhiza treatment presents a chlorophyll level of 42.04 ± 3.79 mg/g and 31.16 ± 9.23 mg/g compared to the control which is 23.32 ± 5.8 mg/g and 11.89 ± 3.60 mg/g respectively for TGX 1834-5E and SC SAGA varieties. On the other hand, the interdependence between varieties and treatments, as well as the application of treatments on the two soybean varieties had no significant effect ($P > 0.05$) on the number of leaves as well as on the number of pods/plant at 4 seeds and 0 seeds compared to the controls in both varieties. In addition, the application of the treatments on both soybean varieties shows that they have a significant effect ($P < 0.05$) on yield in tons per hectare at the variety level and between varieties. The rhizobium+mycorrhiza treatment showed the best pod yield for the variety TGX 1834-5E of 2.02 ± 0.03 T/ha versus 1.85 ± 0.04 T/ha for the variety SC SAGA.

Keywords – Co-Inoculation, Fungi, Mycorrhiza, Rhizobium, Soybean, Soil.

I. INTRODUCTION

Le monde de nos jours est confronté à d'immenses difficultés conduisant à une dégradation des systèmes de production alimentaire. Le soja (*Glycine max L.*) est aujourd'hui l'une des principales et importantes sources de protéines (40-42%) et d'huile végétale (18-22%) utilisées dans l'alimentation humaine (Mehmet et al., 2008 ; Baboy et al., 2015). Cependant, comme pour de nombreuses autres cultures, son rendement est limité en Afrique subsaharienne et au Cameroun en particulier, par plusieurs facteurs, notamment les mauvaises pratiques culturales, l'utilisation abusive et mal connue des pesticides, un choix inadéquat de terres pour sa culture, la détérioration des sols, le changement climatique et les pressions exercées sur l'utilisation des terres (Kananji et al., 2013). De nombreux petits paysans agricoles sont confrontés à des productivités agricoles et des revenus faibles et fortuits, ainsi qu'à une insécurité alimentaire chronique (Akinnifesi et al., 2010). Toutefois, les légumineuses à grains fournissent des aliments riches en protéines et la plupart des gens dans le monde combinent leurs besoins en protéines grâce aux légumineuses (Rienke et al., 2005). L'augmentation de la productivité des légumineuses dépend de l'apport d'azote qui peut être obtenu par la fixation symbiotique de l'azote en présence de Rhizobia efficaces présents dans le sol ou par inoculation (Jama et al., 2000).

On estime que la fixation biologique de l'azote (BNF) à l'échelle mondiale atteindrait une valeur de 175 millions de tonnes métriques d'azote par an, dont 80 % proviendraient de symbiose entre des légumineuses et différentes souches de Rhizobium. Dans le monde entier, les légumineuses fixent environ 90 millions de tonnes d'azote par an. Au Cameroun, les sols de la plupart des régions de l'Ouest du pays ne contiennent pas les souches de bactéries appropriées. Pour cette raison, les cultures de légumineuses n'obtiennent pas suffisamment d'azote du sol comme les autres plantes non légumineuses. Pourtant, l'inoculation des graines de légumineuses avec des espèces spécifiques de Rhizobia assure une meilleure croissance de la plante hôte et une fixation efficace de l'azote par les organismes nodulaires (Roughley et al., 1976). Au cours des dix dernières années, l'analyse des données de production de l'arrondissement de Dschang, recueillies au sein de la Délégation Départementale du Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural (Figure 1) montrent des résultats du rendement, qui varient autour de 0,97t/ha à 0,73t/ha. Depuis 2017 le rendement décroît de façon inquiétante.

La rentabilité de cette culture est capitale pour la sécurité alimentaire car le soja se développe sur des sols peu fertiles, où elle peut résister à la sécheresse et aux faibles précipitations (Berchie et al., 2010). Par conséquent, l'objectif de cette étude vise à améliorer le rendement des paysans de cette région par la co-inoculation des champignons mycorrhiziens et rhizobium, qui pourrait alléger les besoins en nutriments de la plante hôte, entraînant ainsi une amélioration durable de la productivité de cette culture de valeur, de manière à remplacer les engrais chimiques (Ngakou et al., 2012).

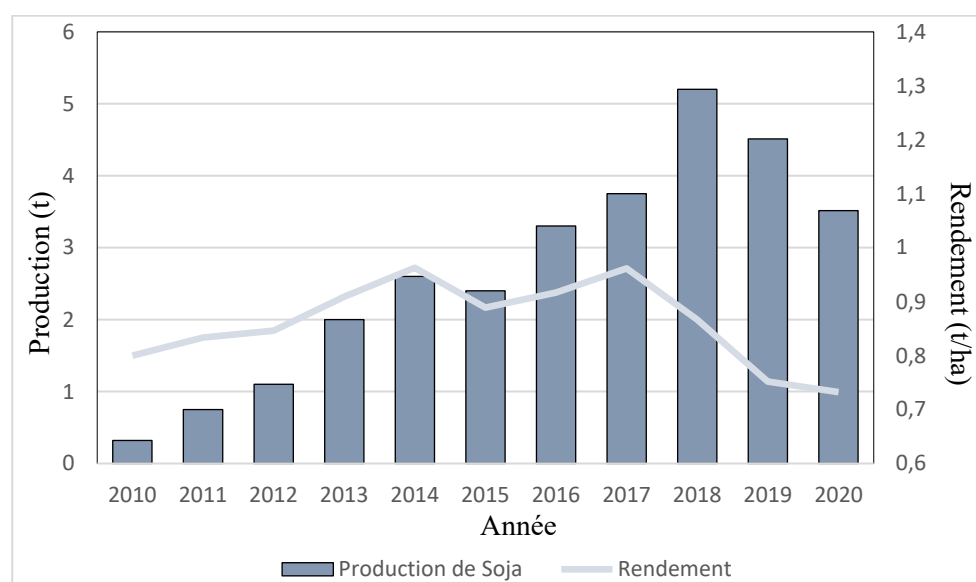


Figure 1 : Evolution de la production et du rendement du soja dans l'arrondissement de Dschang (2010-2020)

II. MATÉRIEL ET MÉTHODES EXPÉRIMENTALES

2.1 Présentation du site de l'essai

Dschang est située dans la région de l'Ouest du Cameroun, plus précisément dans le département de la Menoua dont elle est le chef-lieu. Elle est comprise entre 5°25'-5°30' de latitude Nord et 10° - 10°5' de longitude Est (Figure 2).

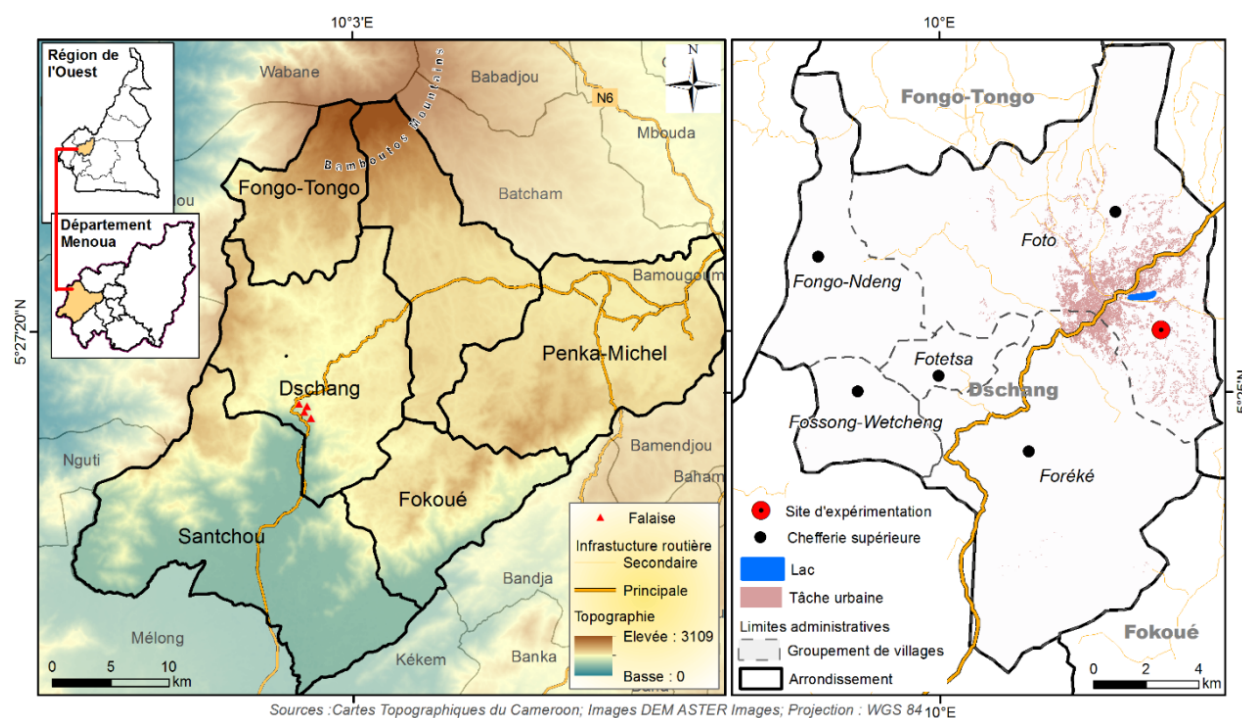
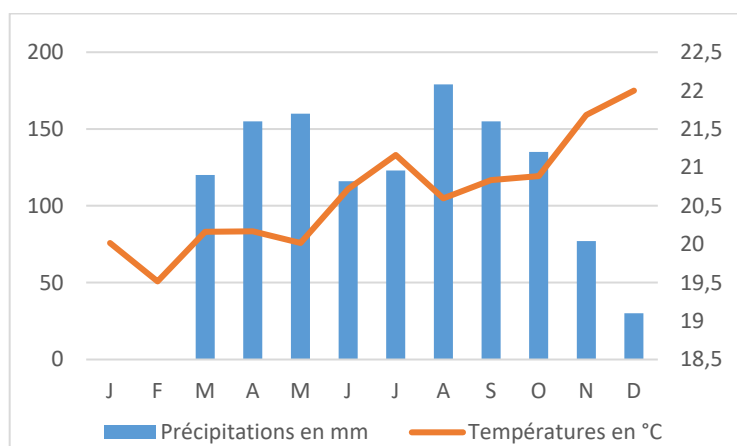


Figure 2 : Localisation du site d'étude

Situé aux limites occidentales de la province de l'Ouest, Dschang est à environ 60 km de Bafoussam, capitale régionale. Cette ville est bâtie sur le versant Sud-est des Monts Bamboutos (2740 mètres), véritable barrière naturelle à l'Ouest. Elle s'ouvre au Sud-

ouest par la rivière de la Menoua qui coule vers la plaine des Mbos. Enfin, à l'Est, elle est fermée par le massif du Bani qui culmine à plus de 1920 mètres. Deux grands types de sols se distinguent ; les sols ferralitiques dans les parties moyennes et hautes de la zone et les sols hydromorphes dans les bas-fonds. L'étude s'est déroulée sur une parcelle à sol ferralitique qui subit un travail intense sans repos durant toute l'année et dont sa fertilité devient décroissante malgré l'utilisation des engrais. L'essai expérimental a été conduit dans l'enceinte de la Station Polyvalente de Recherche Agricole de Dschang (SPRAD) durant la période de Mai à Septembre 2020 (Figure 3). Les précipitations ont oscillées entre 160 mm à 155 mm entre mai et septembre, avec un pic de 180 mm au mois d'Août. La température moyenne était autour de 21°.



Source : Station Météorologique SPRAD, 2020

Figure 3 : Diagramme ombrothermique de la localité de Dschang

2.2 Collecte de données

2.2.1 Prélèvement des échantillons de sol

Les échantillons de sol ont été prélevés sur le site expérimental afin de connaître les propriétés physico-chimiques du sol, nécessaires à la compréhension de certains facteurs environnementaux pouvant influencer l'essai.

2.2.2 Matériel végétal et microbiologique

Les semences de deux variétés de soja (*Glycine max L.*), ont été collectées à l'Institut de Recherche Agricole pour le Développement (IRAD, Nkolbissong, Cameroun) et dont les caractéristiques diffèrent. Il s'agit des variétés TGX 1834-5E (110-117 jours après la levée, tolérante à la tache foliaire de *Cercospora* et la pustule bactérienne) et SC SAGA (90-100 jours après la levée, tolérance à certaines maladies à l'instar de la rouille des feuilles de Soja, tolérance à la maladie des yeux de grenouille et aux taches brunes des feuilles). Les variétés ont été choisies en raison de leur adaptabilité dans la zone agro-écologique III de la forêt humide avec des précipitations monomodales. Concernant le matériel microbiologique, les biofertilisants utilisés sont les inocula à base de rhizobium concentrés à 10^7 UFC/ml et de champignons Mycorhiziens constitués de *Glomus*, *Gigaspora* et *Acaulospora* à 203 spores/g de sol, obtenus respectivement du laboratoire de microbiologie des sols du centre biotechnologie de l'Université de Yaoundé I et du GIC AGRIBIOCAM (Agriculture Biologique du Cameroun).

2.2.3 Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental utilisé pour la mise en place de l'essai sur la parcelle était le dispositif en bloc complètement randomisé avec trois répétitions. Le premier facteur est l'inoculation : le témoin, l'inoculation aux rhizobia, inoculation aux champignons mycorhiziens et la co-inoculation des champignons mycorhiziens et rhizobium. Le deuxième facteur la variété de Soja (TGX 1834-5E & SC SAGA). Vingt-quatre unités expérimentales ont été confectionné (Figure 4).

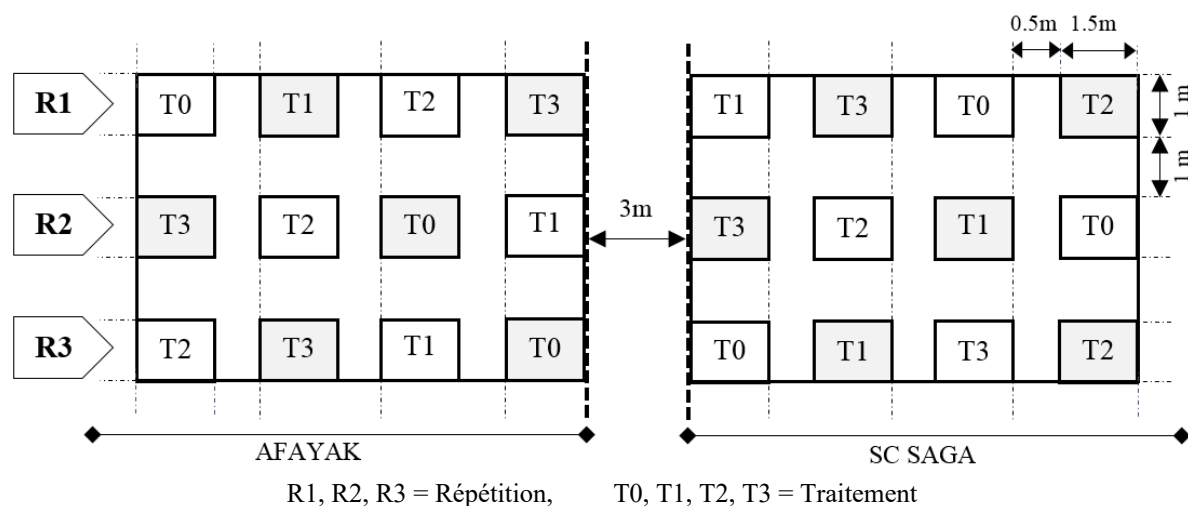


Figure 4 : Dispositif expérimental en bloc complet randomisé

Les graines de soja ont été enrobées à l'inoculum de rhizobia avant semis et l'inoculum des champignons mycorhiziens a été appliqué dans les poquets à raison de 20g/poquet avant le semis des graines. 66g de lait en poudre ont été dissous dans 33mL d'inoculum de rhizobium puis homogénéisé jusqu'à obtention d'une pâte moyennement dense. 100g de semences ont été ajoutés au mélange jusqu'à enrobage total. Les semis ont été effectués en poquet suivant les écartements de 30cm*30cm entre les graines et de 2-3cm de profondeur pour une densité de semis de 20 plants par unités expérimentales.

Deux séries de mesures de paramètres ont été réalisées : une en phase végétative et l'autre à la récolte. Pendant la phase végétative les paramètres suivants ont été mesurés. (1) La hauteur (tous les 14 jours après semis, 5 plants ont été mesurés à partir du collet jusqu'à la dernière feuille à l'aide d'un mètre ruban). (2) Les feuilles ont été comptées tous les 14 jours après semis. (3) La biomasse sèche à la floraison ; cinq plantes ont été récoltées par unité expérimentales et pesées pour obtenir la masse fraîche et sèche. (4) La chlorophylle total : au stade de 50 % de floraison. (5) L'azote total de la feuille, déterminée par la méthode spectrophotométrie de Devani et al. (1989). (6) La quantité d'azote de chaque échantillon est déterminée par rapport à une courbe d'étalonnage obtenue à partir d'une solution de sulfate d'ammonium fraîchement préparée. (7) le phosphore total des feuilles où la méthode de Murphy et Riley (1962) est utilisée pour le dosage dans les feuilles. (8) La quantité de phosphore total dans l'échantillon est déterminée en rapport avec la courbe d'étalonnage obtenue avec une solution d'hydrogène-phosphate de potassium. (9) La colonisation des racines par les champignons mycorhizogènes à arbuscules (CMA) : les racines fines des 5 plants par parcelle, récoltées à 50 % floraison, ont été échantillonnées pour évaluer le taux de colonisation des racines par les CMA. Le taux de colonisation des racines par les CMA a été déterminé par la méthode d'intersection des lignes décrites par Mc Gonigle et al. (1990) et Brundrett et al. (1996). Les pourcentages de racines colonisées ont été donnés par le rapport entre le nombre de structures de CMA enregistrés et le nombre total d'intersections fois 100. (10) Le Nombre, poids et efficacité des nodules racinaires ; le nombre de nodules a été compté dans les racines récoltées à 50 % de floraison. Pour se faire, les racines ont été extraites délicatement du sol et lavées soigneusement pour éliminer la terre et laisser apparaître les nodules. Tous les nodules de la racine d'une plante ont été comptés avant d'être détachés des racines et pesés sur une balance de marque (SARTORIUS 1264MP, Allemagne) de précision 0,1 mg pour obtenir le poids frais, après séchage le poids sec. Selon Beuerlin (1997), seules les nodosités ayant une coloration interne rouge vive ont une activité fixatrice maximum d'azote.

Pendant la phase de récolte qui marque la fin de l'essai, les gousses ont été récoltées, comptées et pesées pour déterminer le poids frais par plante. Elles ont été séchées à l'étuve et pesées à nouveau afin d'obtenir le poids sec. Après décorticage, le poids des graines par plante fut déterminé. Le rendement à l'hectare a été estimé par extrapolation des résultats.

2.3 Méthodes d'analyses de données

Les analyses des échantillons de sol pour l'évaluation des caractéristiques physico-chimiques se sont déroulées au Laboratoire d'analyses de sols & de chimie de l'environnement de la Faculté Agronomie et des Sciences Agricoles (FASA) de l'Université de Dschang selon la méthode internationale de Pauwels *et al.*, (1992).

Pour chaque variable étudiée, les données collectées ont été ordonnées dans le tableur Excel de Microsoft 2013. Ces données ont été transférées sur le logiciel SPSS.22 pour l'analyse de la variance (ANOVA) et des moyennes ont été séparées à l'aide du test de Turkey au seuil de probabilité de 5 %.

III. RÉSULTATS

3.1 Analyse des propriétés physico-chimiques du sol

Il ressort du tableau 1 que le sol est acide avec un pH de 5,7. Ce pH se situe dans la marge acceptable pour la survie des rhizobia dans le sol et favorable au processus de nodulation; ce sol présente une texture argileuse (argile 55 %, sable 31 %, Limon 14%) qui est bonne pour la culture du Soja ; riche en carbone organique (4,9%) et en matière organique (9,3%) mais sa capacité d'échange cationique est faible (10,49 meq/100g) car inférieur à 24. L'apport en phosphore est également faible et le manque en phosphore constitue une contrainte majeure pour la croissance des légumineuses.

Tableau 1 : Propriétés physico-chimiques du sol

Éléments	A (%)	Li (%)	S (%)	pH _{eau}	pH _{KCl}	C (%)	M.O(%)	N _t	C/N	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	CEC	P (mg/kg)
Résultats	55	14	31	5,5	4,9	5,40	9,30	0,37	15	5,60	3,15	1,49	0,04	10,49	11

3.2 Effet des traitements sur la hauteur des plants

L'application des traitements sur les variétés de soja montre un effet significatif de la variété, des traitements et de l'interaction entre les variétés et les fertilisants sur la hauteur des plants de soja (tableaux 2a et 2b). En effet, la taille de la variété SC SAGA est significativement ($P<0,05$) supérieure à celle de la variété TGX 1834-5E à 15 JAS (Jours Après Semis) avec $8,01\pm0,8$ cm contre $4,37\pm0,33$ cm et à 30 JAS avec $11,80\pm0,56$ cm contre $9,27\pm0,70$ cm respectivement. A l'inverse, à 45 JAS on observe un effet combiné variété-traitement significatif ($P>0,05$) qui permet au traitement témoin, rhizobium et mycorhize de la variété TGX 1834-5E d'avoir la même hauteur que témoin, rhizobium et mycorhize de la variété SC SAGA. A 60 JAS l'effet traitement permet au mycorhize+Rhizobium d'avoir une différence significative par rapport aux témoins dans les deux variétés.

Tableau 2a : Effet des traitements sur la hauteur des plants de la variété TGX 1834-5E

Hauteurs des plantes (cm)					
Variété	Traitements	15 JAS	30JAS	45JAS	60JAS
TGX 1834-5E	Témoin	$4,75\pm0,31^a$	$9,27\pm0,38^a$	$21,10\pm1,91^{abc}$	$33,73\pm2,25^a$
	Rhizobium	$4,10\pm0,91^a$	$9,17\pm0,57^a$	$20,80\pm1,01^{abc}$	$34,03\pm1,75^a$
	Mycorhize	$3,69\pm0,73^a$	$8,98\pm0,84^a$	$20,20\pm1,31^{ab}$	$36,63\pm2,52^{ab}$
	Mycorhize+Rhizobium	$4,37\pm0,33^a$	$9,27\pm0,70^a$	$18,33\pm3,29^a$	$39,6\pm1,76^b$

Tableau 2b : Effet des traitements sur la hauteur des plants de la variété SC SAGA

Hauteurs des plantes (cm)					
Variété	Traitements	15 JAS	30JAS	45JAS	60JAS
SC SAGA	Témoin	$7,88\pm0,47^b$	$11,87\pm0,81^b$	$25,43\pm0,86^c$	$36,60\pm1,01^{ab}$
	Rhizobium	$8,05\pm0,47^b$	$12,10\pm0,5^b$	$25,53\pm1,40^c$	$38,03\pm1,61^{ab}$
	Mycorhize	$7,58\pm0,52^b$	$11,57\pm0,72^b$	$24,87\pm1,55^{bc}$	$37,86\pm0,87^{ab}$

	Mycorhize+Rhizobium	8,01±0,8 ^a	11,80±0,56 ^b	25,07±1,70 ^{bc}	39,27±0,76 ^b
P-Value ANOVA	Interaction Variétés & Traitements	<0,001***	<0,001***	<0,001***	0,003**

Dans chaque colonne les moyennes accompagnées des lettres identiques sont égaux au seuil de significativité de $P \leq 0,05$. JAS (Jours après Semis). Codes de significativité de l'effet combiné Variétés et Traitements sur chaque variable : ***= $P < 0,001$ représente la différence hautement significative ; **= $0,001 \leq p < 0,001$ représente la différence très significative.

3.3 Effet des traitements sur le nombre de feuilles

L'interaction variétés et traitements, de même que l'application des traitements sur les deux variétés de soja et le traitement n'ont pas d'effet significatif ($P > 0,05$) sur le nombre de feuilles des plantes (tableaux 3a et 3b).

Tableau 3a : Effet des traitements sur le nombre de feuilles de la variété TGX 1834-5E

Nombre de feuilles					
Variétés	Traitements	15 JAS	30JAS	45JAS	60JAS
TGX 1834-5E	Témoin	4±0,00 ^a	6,93±0,12 ^a	13,33±1,53 ^a	28,10±1,21 ^a
	Rhizobium	4±0,00 ^a	7,13±0,12 ^a	13,93±1,29 ^a	33,13±2,66 ^a
	Mycorhize	4±0,00 ^a	6,93±0,23 ^a	14,93±1,1 ^a	31,27±5,65 ^a
	Mycorhize+Rhizobium	3,87±0,23 ^a	6,73±0,31 ^a	13,53±2,08 ^a	29,47±0,61 ^a

Tableau 3b : Effet des traitements sur le nombre de feuilles de la variété SC SAGA

Nombre de feuilles					
Variété	Traitements	15 JAS	30JAS	45JAS	60JAS
SC SAGA	Témoin	4±0,00 ^a	6,93±0,12 ^a	17,00±0,87 ^a	30,20±0,72 ^a
	Rhizobium	4±0,00 ^a	7,27±0,12 ^a	16,20±0,2 ^a	29,87±1,85 ^a
	Mycorhize	4±0,00 ^a	7,07±0,31 ^a	15,73±3,04 ^a	30,60±2,75 ^a
	Mycorhize+Rhizobium	4±0,00 ^a	6,93±0,12 ^a	15,40±2,23 ^a	31,33±1,92 ^a
P-Value ANOVA	Interaction Variétés & Traitements	0,466 ^{ns}	0,114 ^{ns}	0,096 ^{ns}	0,498 ^{ns}

Dans chaque colonne les moyennes accompagnées des lettres identiques sont égaux au seuil de significativité de $P \leq 0,05$. JAS (Jours après Semis). Codes de significativité de l'effet combiné Variétés et Traitements sur chaque variable : ns= $P > 0,05$ représente la différence non significative.

3.4 Effet des traitements sur la biomasse aérienne, chlorophylle, l'azote et le phosphore total dans les feuilles collectées à 50 % de floraison

L'interaction variété et traitements, de même que l'application des traitements sur les deux variétés de soja montre que les variétés et /ou les traitements ont un effet significatif ($P < 0,05$) sur la biomasse. Les résultats des tableaux 4a et 4b montrent un effet significatif ($P < 0,05$) sur la chlorophylle, l'azote et le phosphore total ; le traitement rhizobium et rhizobium+mycorhize présente une quantité total de chlorophylle par mg de feuille analysée de 42,04±3,79 mg/g et 31,16±9,23mg/g contrairement au témoin qui est de 23,32±5,8 mg/g et 11,89±3,60mg/g respectivement pour les variétés TGX 1834-5E et SC SAGA.

Tableau 4a : Effet des traitements sur la biomasse aérienne, chlorophylle, l'azote et le phosphore total dans les feuilles de la variété TGX 1834-5E

Variété	Traitements	Biomasse fraîche (g)	Biomasse Sèche (g)	Azote total (N)	Chlorophylle total (mg/g)	Phosphore Total (P)
TGX 1834-5E	Témoin	113,91±3,92 ^c	42,09±2,26 ^{ab}	14,95±0,60 ^a	23,32±5,80 ^{abc}	1,02±0,58 ^{ab}
	Rhizobium	141,41±3,17 ^d	62,28±6,13 ^b	19,15±1,94 ^{abc}	26,9±5,06 ^{abcd}	0,79±0,05 ^{ab}
	Mycorhize	95,98±4,04 ^b	28,06±3,85 ^a	19,03±2,45 ^{abc}	33,39±6,58 ^{cd}	0,94±0,16 ^{ab}
	Mycorhize+Rhizobium	127,90±5,08 ^d	47,28±2,30 ^{ab}	20,74±1,67 ^{bc}	42,04±3,79 ^d	1,40±0,42 ^b

Tableau 4b : Effet des traitements sur la biomasse aérienne, chlorophylle, l'azote et le phosphore total dans les feuilles de la variété SC SAGA

Variété	Traitements	Biomasse fraîche (g)	Biomasse Sèche (g)	Azote total (N)	Chlorophylle total (mg/g)	Phosphore Total (P)
SC SAGA	Témoin	76,42±2,33 ^a	18,67±1,97 ^a	15,2±0,96 ^a	11,89±3,60 ^a	0,5±0,13 ^a
	Rhizobium	74,65±6,93 ^a	35,04±26,14 ^{ab}	20,24±1,41 ^{bc}	17,82±2,91 ^{ab}	0,6±0,07 ^{ab}
	Mycorhize	73,15±6,00 ^a	23,75±6,65 ^a	18,19±1,66 ^{ab}	18,47±3,46 ^{abc}	0,66±0,19 ^{ab}
	Mycorhize+Rhizobium	112,75±5,77 ^c	24,84±8,20 ^a	23,18±1,95 ^c	31,16±9,23 ^{bcd}	0,76±0,03 ^{ab}

P-Value ANOVA	Interaction Variétés & Traitements	<0,001***	0,002**	<0,001***	<0,001***	0,031*
---------------	------------------------------------	-----------	---------	-----------	-----------	--------

Dans chaque colonne les moyennes accompagnées des lettres identiques sont égaux au seuil de significativité de $P \leq 0,05$. Codes de significativité de l'effet combiné Variétés et Traitements sur chaque variable : *** = $P < 0,001$ représente les différences très hautement significative ; ** = $0,001 \leq P < 0,01$ représente la différence très significative ; * = $0,01 \leq P < 0,05$ représente la différence significative.

3.5 Effet des traitements sur la nodulation et fréquence de mycorhization des racines des variétés TGX 1834-5E & SC SAGA du Soja

L'application des traitements sur les deux variétés de soja montre que l'interaction variétés et/ou traitements ont un effet significatif ($P < 0,05$) sur le nombre de nodules, le poids des nodules et le poids secs de ces derniers (tableaux 5a et 5b).

Tableau 5a : Effet des traitements sur la nodulation et fréquence de mycorhisation des racines de la variété TGX 1834-5E

Variété	Traitements	Nombre de Nodule	Poids des Nodules (g)	Poids Sec des Nodules (g)	Efficiencie Nodulaire (%)	Colonisation (%)
TGX 1834-5E	Témoin	60,67±2,51 ^{ab}	1,02±0,01 ^{cd}	0,28±0,03 ^{ab}	80,00±10,00 ^a	29,22±1,90 ^{abc}
	Rhizobium	94,33±26,35 ^c	3,55±0,38 ^c	0,74±0,09 ^d	96,67±5,77 ^a	34,56±1,58 ^a
	Mycorhize	36,00±5,57 ^a	1,35±0,11 ^d	0,48±0,06 ^c	80,00±10,00 ^a	57,78±10,69 ^b
	Mycorhize+Rhizobium	42,67±4,04 ^a	0,68±0,80 ^{ab}	0,24±0,02 ^{ab}	83,33±5,77 ^a	66,33±16,41 ^b

Tableau 5b : Effet des traitements sur la nodulation et fréquence de mycorhisation des racines de la variété SC SAGA

Variété	Traitements	Nombre de Nodule	Poids des Nodules (g)	Poids Sec des Nodules (g)	Efficienne Nodulaire (%)	Colonisation (%)
SAGA SC	Témoin	41,67±3,51 ^a	0,81±0,07 ^{abc}	0,19±0,03 ^a	66,67±20,82 ^a	28,33±2,67 ^a
	Rhizobium	91±3 ^{bc}	1,16±0,32 ^{bcd}	0,35±0,04 ^{bc}	56,67±41,63 ^a	29,44±3,20 ^a
	Mycorhize	79,33±7,02 ^{bc}	0,76±0,06 ^{abc}	0,31±0,04 ^{ab}	96,67±5,77 ^a	56,33±3,39 ^b
	Mycorhize+Rhizobium	43,67±12,86 ^a	0,51±0,040 ^a	0,24±0,06 ^{ab}	96,67±5,77 ^a	64,11±2,46 ^b

P-Value ANOVA	Interaction Variétés & Traitements	<0,001***	<0,001***	<0,001***	0,104 ^{ns}	<0,001***
---------------	------------------------------------	-----------	-----------	-----------	---------------------	-----------

Dans chaque colonne les moyennes accompagnées des lettres identiques sont égaux au seuil de significativité de $P \leq 0,05$. Codes de significativité de l'effet combiné Variétés et Traitements sur chaque variable : ***= $P < 0,001$ représente les différences très hautement significative ; ns= $P > 0,05$ représente la différence non significative.

3.6 Effet des traitements sur les gousses, le nombre de graines par gousses des variétés TGX 1834-5E & SC SAGA du Soja

L'application des traitements sur les deux variétés de soja présentent une différence significative ($P < 0,05$) pour le nombre de gousses /plant. Le traitement sur les deux variétés de soja montre que les variétés ou/et les inoculats n'a pas d'effet significatif ($P > 0,05$) sur le nombre de gousse à 4 graines et 0 graines. Pour les gousses à 3 et 2 graines, les traitements ont un effet significatif ($P < 0,05$), par rapport aux témoins dans les deux variétés (tableaux 6a et 6b).

Tableau 6a : Effet des traitements sur les gousses, le nombre de graines par gousses de la variété TGX 1834-5E

Variété	Traitements	Nombre de gousse/plant	Gousses à 4 graine/plant	Gousses à 3 graine/plant	Gousses à 2 graine/plant	Gousses à 1 graine/plant	Gousses à 0 graine/plant
TGX 1834-5E	Témoin	128,4±9,41 ^{abc}	0,0±0 ^a	22,5±1,9 ^a	94,30±1,9 ^c	16,2±1,4 ^{bcd}	4,8±7,79 ^a
	Rhizobium	86,96±63,45 ^a	0,0±0 ^a	28,2±0,8 ^b	69,4±1,2 ^d	17,8±1,59 ^{cd}	3,87±1,89 ^a
	Mycorhize	177,30±3,7 ^c	0,0±0 ^a	41,7±0,5 ^d	115,90±2,50 ^f	20,0±3,6 ^d	3,33±2,48 ^a
	Mycorhize+Rhizobium	153,0±8,71 ^{bc}	0,13±0,23 ^a	33,7±1,9 ^c	97,7±1,5 ^e	11,13±1,90 ^{ab}	2,93±2,02 ^a

Tableau 6b : Effet des traitements sur les gousses, le nombre de graines par gousses de la variété SC SAGA

Variété	Traitements	Nombre de gousse/plant	Gousses à 4graine/plant	Gousses à 3 graine/plant	Gousses à 2 graine/plant	Gousses à 1 graine/plant	Gousses à 0 graine/plant
SAGA SC	Témoin	66,2±2,6 ^a	0,07±0,11 ^a	23,93±1,30 ^a	25,47±0,83 ^c	11±1,31 ^a	3,6±0,34 ^a
	Rhizobium	80,27±0,90 ^a	0,0±0 ^a	30,4±1 ^{bc}	29,6±0,92 ^d	13,37±1,35 ^{abc}	5,07±1,67 ^a
	Mycorhize	90,17±2,51 ^{ab}	0,27±0,23 ^a	31,8±2 ^{bc}	36,60±1,0 ^c	11,67±0,76 ^{ab}	6,27±3,21 ^a
	Mycorhize+Rhizobium	89,77±2,51 ^{ab}	0,2±0,2 ^a	33,2±1,4 ^c	31,1±2,7 ^b	18,07±1,01 ^{cd}	3,53±1,68 ^a

P-Value ANOVA	Interaction Variétés & Traitements	<0,001***	0,188 ^{ns}	<0,001***	<0,001***	<0,001***	0,930 ^{ns}
---------------	------------------------------------	-----------	---------------------	-----------	-----------	-----------	---------------------

Dans chaque colonne les moyennes accompagnées des lettres identiques sont égaux au seuil de significativité de $P \leq 0,05$. Codes de significativité de l'effet combiné Variétés et Traitements sur chaque variable : ***= $P < 0,001$ représente les différences très hautement significative ; ns= $P > 0,05$ représente la différence non significative.

3.7 Effet des traitements sur le rendement des variétés TGX 1834-5E & SC SAGA du Soja

L'interaction variété-traitement de même que l'application des traitements sur les deux variétés de Soja montre que ceux-ci ont un effet significatif ($P < 0,05$) sur le rendement en tonnes par ha au niveau des variétés et entre les variétés comme l'indique les tableaux 7a et 7b. Le traitement rhizobium+Mycorhize présente le meilleur rendement en tonne par ha pour les gousses ($2,02 \pm 0,03$ T/ha) pour la variété TGX 1834-5E comparativement au traitement Rhizobium+Mycorhize ($1,85 \pm 0,04$ T/ha) pour la variété SC SAGA comparé au témoin. Au niveau des variétés, la variété TGX 1834-5E a un rendement significativement supérieur à la variété SC SAGA.

Tableau 7a : Effet des traitements sur le rendement de la variété TGX 1834-5E

Variétés	Traitements	Rendement des Gousses en t/ha	Rendement des Graines en t/ha	Effet sur le rendement en %
TGX 1834-5E	Témoin	$1,12 \pm 0,14^b$	$0,96 \pm 0,05^b$	$-20,18 \pm 3,86^b$
	Rhizobium	$1,48 \pm 0,01^c$	$1,09 \pm 0,03^c$	$-9,53 \pm 2,76^c$
	Mycorhize	$1,82 \pm 0,03^d$	$1,24 \pm 0,05^d$	$3,59 \pm 4,22^d$
	Mycorhize+Rhizobium	$2,02 \pm 0,03^e$	$1,46 \pm 0,03^e$	$21,70 \pm 4,41^e$

Tableau 7b : Effet des traitements sur le rendement de la variété SC SAGA

Variétés	Traitements	Rendement des Gousses en t/ha	Rendement des Graines en t/ha	Effet sur le rendement en %
SAGA SC	Témoin	$0,82 \pm 0,01^a$	$0,64 \pm 0,01^a$	$-46,77 \pm 0,97^a$
	Rhizobium	$0,87 \pm 0,02^a$	$0,69 \pm 0,05^a$	$-42,89 \pm 3,84^a$
	Mycorhize	$1,75 \pm 0,005^d$	$1,02 \pm 0,04^{bc}$	$-14,84 \pm 3,15^{bc}$
	Mycorhize+Rhizobium	$1,85 \pm 0,04^d$	$1,25 \pm 0,05^d$	$3,90 \pm 4,44^d$

P-Value ANOVA	Interaction Variétés & Traitements	$< 0,001^{***}$	$< 0,001^{***}$	$< 0,001^{***}$
---------------	------------------------------------	-----------------	-----------------	-----------------

Dans chaque colonne les moyennes accompagnées des lettres identiques sont égaux au seuil de significativité de $P \leq 0,05$. Codes de significativité de l'effet combiné Variétés et Traitements sur chaque variable : ***= $P < 0,001$ représente les différences très hautement significative.

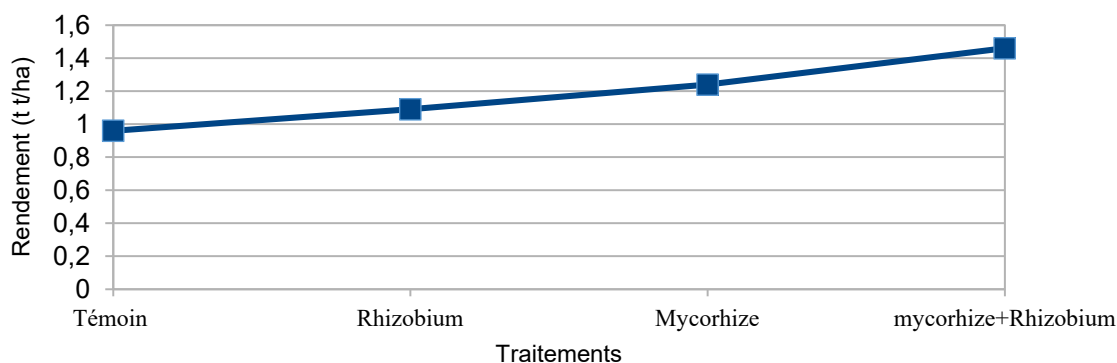


Figure 5 : Courbe de l'effet du traitement sur le rendement TGX 1834-5E

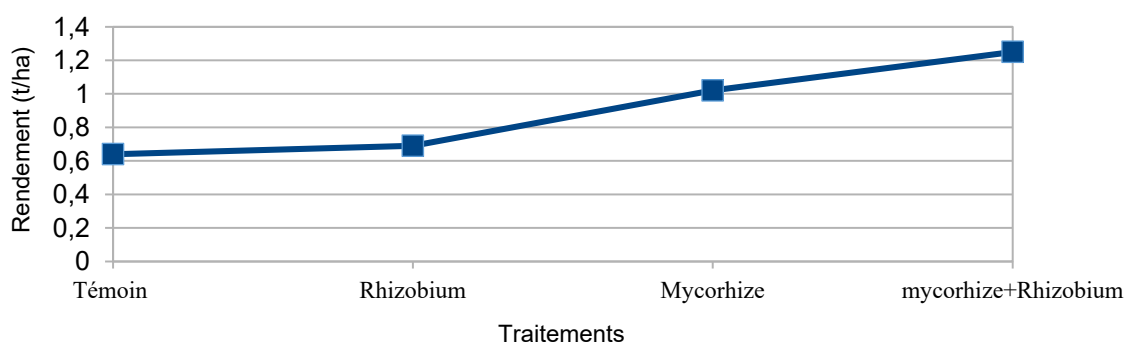


Figure 6 : courbe de l'effet du traitement sur le rendement SAGA SC

IV. DISCUSSION

L'analyse du sol a montré que le sol a un PH de 5,7. Pour l'optimum de la culture du soja, le pH doit se situer entre 5,7-7,5 car les légumineuses sont particulièrement affectées par l'acidité du sol, limitant la survie des rhizobiums et le processus de nodulation (Graham et Vance, 2000). Aussi, le manque en phosphore observé est une contrainte majeure pour la croissance des légumineuses car la carence en phosphore réduit fortement la fixation symbiotique de l'azote par une réduction significative de la biomasse nodulaire (Neila et al., 2014).

L'inoculation des champignons mycorhiziens et rhizobium sur les deux variétés de Soja montre un effet significatif de la variété, des traitements et de l'interaction entre les variétés et les traitements sur la hauteur. Au cours du traitement un effet significatif n'a pas été observé sur le nombre de feuilles dans les deux variétés de Soja. La variété du Soja SC SAGA présente une taille plus grande pendant la période végétative que celle de la variété TGX 1834-5E, ce qui pourrait être expliqué à partir de leurs dispositions génétiques. Les résultats sur la biomasse fraîche de la floraison à la récolte montrent un impact significatif important entre les variétés et les traitements ; ces résultats sont similaires à ceux obtenus par Amrani (2009) sur *Vicia faba* et de wang et al. (2011) sur le soja. Wang et al. (2011) qui ont montré que la co-inoculation avec les rhizobiums et les CMA améliorent significativement la croissance et la biomasse aérienne du soja même en condition de faible Phosphore (P) et/ou Azote (N).

L'application des traitements sur les variétés de Soja montre un effet significatif des hauteurs des plantes. A 60 JAS, par rapport au témoin, une différence significative est observée avec les traitements Mycorhize + Rhizobium ou alors Mycorhize seul et ceci peu importe la variété ; les hauteurs de plantes sont boostées. Ces résultats sont en accord avec ceux trouvés par Haro et al. (2015) qui ont démontré un effet positif de l'association mycorhize et rhizobium sur les hauteurs des plants de niébé. Cette différence

pourrait s'expliquer par le rôle des traitements au niveau de sol. En effet, Ogou et al. (2018) ont montré que l'inoculation du Soja avec les mycorhizes donne un effet positif sur la croissance de cette dernière.

L'application des traitements sur les deux variétés de Soja présente une différence significative ($P < 0,05$) pour le nombre de gousses par plants. Ces résultats sont proches de ceux de Ballo et al. (2018) qui ont montré que l'inoculation a des effets significatifs sur le nombre de gousses des variétés de Soja. Shukuru et al. (2012) note également une augmentation du nombre de gousses par plant de soja sur les parcelles inoculées. Par contre, ces résultats infirment ceux de Ndatabayi et al. (2012) qui préconisent que, l'inoculation bactérienne n'influence pas la quantité de gousses chez les plants de soja. Le traitement sur les deux variétés de soja montre que les variétés ou/et les inoculas n'ont pas d'effet significatif ($P < 0,05$) sur le nombre de gousses à 4 graines et 0 graine. Pour les gousses à 3 et 2 graines, les traitements ont un effet significatif ($P < 0,05$), par rapport aux témoins dans les deux variétés. Selon Ballo et al. (2018) le facteur variété a un effet hautement significatif sur le nombre de gousses par plant.

L'interaction variétés de soja et/ ou les traitements a un effet significatif ($P < 0,05$) sur le nombre de nodules, le poids des nodules et le poids sec des nodules. Ces résultats sont en concordance avec les travaux de Haro et al. (2011) et Haro et al. (2012) qui se sont intéressés au niébé. En effet, ces auteurs ont montré que la symbiose n'est pas utile lorsque les nutriments sont disponibles dans le sol et directement accessibles aux racines des plantes. Les résultats des feuilles collectées montrent une augmentation significative de la biomasse aérienne sèche et fraîche, de l'azote totale, de la chlorophylle total et du phosphore total sur les variétés inoculées, TGX 1834-5E et SC SAGA, comparés à leurs témoins respectifs non inoculés. C'est l'action synergique des deux micro symbiotes (le champignon mycorhize + rhizobium) qui ont assuré une meilleure alimentation en phosphore (P) et en azote (N) de la plante (Aboubacar et al., 2013). Cet effet bénéfique des deux micro-organismes (Rhizobium et champignons mycorhizes) a déjà été mis en évidence chez le pois chiche (Zaidi et al., 2004), chez la lentille (Xavier et Germida, 2002) et chez le niébé (Bagayoko et al., 2000).

Concernant la productivité et le rendement des variétés TGX 1834-5E- SAGA SC, les résultats observés montrent que la variété TGX 1834-5E a un rendement ($1,46 \pm 0,03$ t/ha) plus élevé que la variété SAGA SC ($1,25 \pm 0,05$ t/ha). Ces résultats sont similaires à ceux de Salih et al. (2015) qui ont montrés que la double inoculation de rhizobium et des champignons mycorhiziens augmentait significativement le rendement du soja, de même que celui de *Phaseolus vulgaris* (Haricot) Safapour et al. (2011).

V. CONCLUSION

L'expérimentation a permis de tester les effets de la co-inoculation des champignons mycorhiziens et rhizobiums sur les performances agronomiques de deux variétés de soja ; une légumineuse populaire au Cameroun et parmi les plus importantes au monde. Les résultats montrent que la co-inoculation rhizobienne et mycorhizienne améliore de manière significative la hauteur des plants, le nombre de gousses/plants à 3 et 2 graines, le nombre de nodules, le poids secs des nodules, la biomasse, l'azote et le phosphore total ainsi que la chlorophylle. En outre, l'association des biofertilisants mycorhiziens et rhizobiens améliore de manière significative les rendements en gousses et en grains et dont une amélioration du rendement à l'hectare. Cette augmentation des rendements est liée à la nature de la variété et à la co-inoculation des biofertilisants. Au terme de l'expérience, il en ressort que le traitement rhizobium+mycorhize présente le meilleur rendement en gousses pour la variété TGX 1834-5E ($2,02 \pm 0,03$ T/ha) contre $1,85 \pm 0,04$ T/ha pour la variété SAGA SC. Au-delà de servir de base d'informations utiles pour l'étude des autres légumineuses, ce travail présente une perspective intéressante face à la problématique de la dégradation et de la baisse de la fertilité des sols pour les agriculteurs de cette zone agro écologique à la forêt humide avec des précipitations monomodales.

RÉFÉRENCES

- [1] Mehmet, O. Z. (2008). Nitrogen rate and plant population effects on yield and yield components in soybean. *African Journal of Biotechnology*, 7(24).
- [2] Baboy L.L., Kidinda K.L., Kilumba K.M., Langanu S., Mazinga M., Tshipama D., & Kimuni L., (2015). Influence du semis tardif sur la croissance et le rendement du soja (Glycine max Merrill) cultivé sous différents écartements à Lubumbashi, RD Congo [Influence of late sowing on growth and yield of Soybean (Glycine max Merrill) grown under different spaces in Lubumbashi, DR Congo]. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 12(1), 104.
- [3] Kananji, G. A. D., Yohane, E., Siyeni, D., Mtambo, L., Kachulu, L., Chisama, B. F., & Mulekano, O. (2013). Guide to soybean production in Malawi. *Department of Agricultural Research Services (DARS), Lilongwe, Malawi*.

- [4] Akinnifesi, F. K., Ajayi, O. C., Sileshi, G., Chirwa, P. W., & Chianu, J. (2010). Fertiliser trees for sustainable food security in the maize-based production systems of East and Southern Africa. A review. *Agronomy for sustainable development*, 30(3), 615-629.
- [5] Rienke Nienwenhuis, (2005). La culture du soja et d'autres légumineuses, Wagenigen, Ray Bin.
- [6] Jama, B., Palm, C. A., Buresh, R. J., Niang, A., Gachengo, C., Nziguheba, G., & Amadalo, B. (2000). Tithonia diversifolia as a green manure for soil fertility improvement in western Kenya: a review. *Agroforestry systems*, 49(2), 201-221.
- [7] Roughley, R. J. (1976). Production of high quality inoculants and their contribution to legume yield. *International Biological Programme*.
- [8] Berchie, J. N., Sarkodie-Addo, J., Adu-Dapaah, H., Agyemang, A., Addy, S., Asare, E., & Donkor, J. (2010). Yield evaluation of three early maturing bambara groundnut (*Vigna subterranea* L. Verdc) landraces at the CSIR-Crops Research Institute, Fumesua-Kumasi, Ghana. *Journal of Agronomy*, 9(4), 175-179.
- [9] Ngakou, A., Ngo Nkot, L., Doloum, G., & Adamou, S. (2012). Mycorrhiza-Rhizobium-Vigna subterranea dual symbiosis: impact of microbial symbionts for growth and sustainable yield improvement. *International Journal of Agriculture and Biology*, 14(6): 915-921.
- [10] Devani, M. B., Shishoo, C. J., Shah, S. A., & Suhagia, B. N. (1989). Spectrophotometric method for microdetermination of nitrogen in kjeldahl digest. *Journal of the Association of Official Analytical Chemists*, 72(6), 953-956.
- [11] Murphy, J. A. M. E. S., & Riley, J. P. (1962). A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Analytica chimica acta*, 27, 31-36.
- [12] McGonigle, T. P., & Fitter, A. H. (1990). Ecological specificity of vesicular-arbuscular mycorrhizal associations. *Mycological research*, 94(1), 120-122.
- [13] Brundrett, M., Bougher, N., Dell, B., Grove, T., & Malajczuk, N. (1996). *Working with mycorrhizas in forestry and agriculture* (Vol. 34, p. 35). Canberra: Australian Centre for International Agricultural Research.
- [14] Beuerlin J.E. (1997). Soybean Inoculation and Nitrogen Nutrition. Agronomic crops Team on-Farm Research Projects. Special Circular, 160-98. 2p.
- [15] Pauwels, J. M., Van Ranst, E., Verloo, M., & Mvondo Ze, A. (1992). Manuel de laboratoire de pedologie: methodes d'analyses de sols et de plantes, equipement, gestion de stocks de verrerie et de produits chimiques.
- [16] Graham P.H, Vance C.P., (2000). Nitrogen fixation in perspective an overview of research and extension needs. *Field Crops Res* 65: 93-106.
- [17] Neila, A., Adnane, B., Mustapha, F., Manel, B., Imen, H., Boulbaba, L., Cherki, G., & Bouaziz, S., (2014). Phaseolus vulgaris-rhizobia symbiosis increases the phosphorus uptake and symbiotic N₂ fixation under insoluble phosphorus. *Journal of Plant Nutrition* 37, 643-657.
- [18] Amrani, A. (2009). Effet de la double inoculation Rhizobium-Champignons mycorhiziens sur la croissance de la féverole et du haricot nain (*Doctoral dissertation, Université d'Oran1-Ahmed Ben Bella*).
- [19] Wang, X., Pan, Q., Chen, F., Yan, X., & Liao, H. (2011). Effects of co-inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi and rhizobia on soybean growth as related to root architecture and availability of N and P. *Mycorrhiza*, 21(3), 173-181.
- [20] Haro, H., Sanon, K. B., Krasova-Wade, T., Kane, A., N'Doye, I., & Traore, A. S. (2015). Réponse à la double inoculation mycorhizienne et rhizobienne du niébé (variété, K VX396-4-5-2D) cultivé au Burkina Faso. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 9(3), 1485-1493.
- [21] Ogou, A., Tchabi, A., Tounou, A. K., Agboka, K., & Sokame, B. M. (2018). Effet de quatre souches de champignons mychoriziens arbusculaires sur Meloidogyne spp., principal nématode parasitaire du soja (Glycine max, L.) au Togo. *Journal of Applied Biosciences*, 127, 12758-12769.

- [22] Ballo, B., Turquin, L., & N'Gbesso, M. (2018). Effet de l'inoculum bactérien de la souche IRAT-FA 3 de *Bradyrhizobium japonicum* sur la production de trois variétés de soja en Côte d'Ivoire. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 12(6), 2667-2679.
- [23] Shukuru, L. (2012). Réponse de 9 variétés exotiques de soja à l'inoculation par *Rhizobium japonicum* sans limitation du phosphore et du potassium à Murhesa (République Démocratique du Congo). *Mémoire de fin d'études, UCB/Bukavu, inédit*.
- [24] Ndatbayi, M. (2012). Réponse de trois variétés exotiques de Soja (*Glycine max*) à l'inoculation avec le *Rhizobium* sans limitation de phosphore et de potassium à Mudaka, territoire de Kabare (République Démocratique du Congo). *Mémoire de fin d'études, UCB/Bukavu, inédit*.
- [25] Haro, H. (2011). Effet d'inoculums de champignons mycorhiziens arbusculaires sur la productivité du niébé *Vigna unguiculata* (L.) Walp. *Mémoire de DEA, Université de Ouagadougou*, 80.
- [26] Haro, H., Sanon, K. B., Diop, I., Kane, A., Dianda, M., Houngnandan, P., ... & Traore, A. (2012). Réponse à l'inoculation mycorhizienne de quatre variétés de niébé [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] cultivées au Burkina Faso et au Sénégal. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 6(5), 2097-2112.
- [27] Aboubacar, K., Ousmane, Z. M., Amadou, H. I., Issaka, S., & Zouberou, A. M. (2013). Effet de la co-inoculation du rhizobium et de mycorhizes sur les performances agronomiques du niébé [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] au Niger. *Journal of applied biosciences*, 72, 5846-5854.
- [28] Zaidi A., Khan M.S., Aamil M. (2004) Bioassociative effect of rhizo-spheric microorganisms on growth, yield, and nutrient uptake of greengram, *J. Plant Nutr.* 27, 601–612.
- [29] Xavier, L. J. C., & Germida, J. J. (2002). Response of lentil under controlled conditions to co-inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi and rhizobia varying in efficacy. *Soil Biology and Biochemistry*, 34(2), 181-188
- [30] Bagayoko, M., George, E., Römhild, V., & Buerkert, A. (2000). Effects of mycorrhizae and phosphorus on growth and nutrient uptake of millet, cowpea and sorghum on a West African soil. *The journal of agricultural science*, 135(4), 399-407.
- [31] Salih, S. H., Hamd, S. A. M., & Dagash, Y. M. I. (2015). The effects of rhizobium, mycorrhizal inoculations and diammonium phosphate (DAP) on nodulation, growth, and yield of soybean. *Universal Journal of Agricultural Research*, 3(1), 11-14.
- [32] Safapour, M., Ardakani, M., Khaghani, S., Rejali, F., Zargari, K., Changizi, M., & Teimuri, M. (2011). Response of yield and yield components of three red bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes to co-inoculation with *Glomus intraradices* and *Rhizobium phaseoli*. *Am. Eurasian. J. Agric. Environ. Sci*, 11, 398-405.