



**Original Paper**

<http://ajol.info/index.php/ijbcs>

<http://indexmedicus.afro.who.int>

## 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

Brahima BALLO<sup>1</sup>, Louise TURQUIN<sup>1\*</sup> et Mako N'GBESSO<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Université Félix HOUPHOUËT-BOIGNY, Laboratoire de Physiologie Végétale,  
01 BP 582 Abidjan 01, Côte d'Ivoire.

<sup>2</sup>Station de recherches sur les cultures vivrières du Centre national de recherche agronomique  
(CNRA), Côte d'Ivoire.

\*Auteur correspondant; E-mail : [lturquin@yahoo.fr](mailto:lturquin@yahoo.fr) ; Tel. : (+225) 05 81 33 58

### RESUME

La culture du soja réalisée sans apport adéquat d'intrants, se traduit par un faible rendement. Ainsi, pour y remédier, une étude sur l'inoculation bactérienne dont l'objectif était de déterminer une dose efficiente capable d'augmenter le rendement de trois variétés de soja a été conduite. Ces essais ont été, mis en place suivant un dispositif en blocs de Fisher à 5 répétitions, où deux facteurs ont été étudiés. Le principal était représenté par la dose de l'inoculum bactérien et le facteur secondaire, par la variété de soja. A l'issue des travaux, le traitement D3 sur la variété Canarana a produit le plus grand nombre de gousses par plant (62 gousses). Les meilleurs taux de remplissage des gousses sont obtenus avec les traitements D3 (72,95 %) et D4 (72,30 %) sur la variété Tracaja. Au niveau de l'indice de récolte des plants, c'est le traitement D4 (0,491) sur la variété Doko qui a été le plus favorable. Pour la masse de 100 graines, les traitements D3 (20,24 g) et D4 (20,07 g) sur la variété Tracaja ont obtenu les masses les plus élevées. Les plus hauts rendements en graines sont notés chez Tracaja inoculée avec D3 (4,96 t/ha) et D2 (4,81 t/ha).

© 2018 International Formulae Group. All rights reserved.

**Mots clés :** Soja, rendement, inoculation *Bradyrhizobium japonicum*, Côte d'Ivoire.

## Effect of the bacterial inoculum of the *Bradyrhizobium japonicum* IRAT-FA 3 strain on the production of three soybean varieties in Côte d'Ivoire

### ABSTRACT

Soybeans grown without adequate inputs result in low yields. Thus, to remedy this, a study on bacterial inoculation whose objective was to determine an efficient dose capable of increasing the yield of soybean varieties was conducted. These tests were run using a Fisher 5-rep block arrangement and two factors studied: the main one was inoculation and the secondary factor was the soybean variety. At the end of the work, the D3

treatment on the Canarana variety produced the largest number of pods per plant (62 cloves). The best pod fill rates are obtained with the D3 (72.95%) and D4 (72.30%) treatments on the Tracaja variety. At the plant harvest index level, D4 treatment (0.491) on the Doko variety was the most favorable. For the 100-seed mass, the treatments D3 (20.24 g) and D4 (20.07 g) on the Tracaja variety obtained the highest masses. The highest seed yields are recorded in Tracaja inoculated with D3 (4.96 t / ha) and D2 (4.81 t / ha).

© 2018 International Formulae Group. All rights reserved.

**Keywords:** Soybean, yield, inoculation, *Bradyrhizobium japonicum*, Côte d'Ivoire.

## INTRODUCTION

Le soja [*Glycine max* (L.) Merrill] est une espèce oléo-protéagineuse multifonctionnelle (Aganze, 2014). Sa graine est une excellente source de protéines, d'huile, de vitamines et d'éléments minéraux pour l'alimentation humaine et animale (Karaboneye, 2013). En industrie, sa transformation se prête à de multiples usages que sont le tourteau, la farine, le lait, le yaourt, les crèmes et les produits dérivés (N'Zoué et al., 2003). En tant que légumineuse, le soja est aussi reconnu pour améliorer les propriétés physiques, chimiques et biologiques du sol (Singh et Shivakumar, 2010). Toutefois, des études antérieures ont révélé que la culture du soja souvent réalisée sans apport adéquat d'intrants (azote, phosphore, potassium, etc), se traduit par un faible rendement (Beugre et al., 2013). En effet, le déficit d'éléments minéraux conduit à une importante réduction du nombre d'organes fructifères formés, quel que soit la variété ou le cultivar de soja, avec un rendement de moins d'une tonne à l'hectare chez les producteurs (N'Gbesso et al., 2017). Ainsi, une nutrition azotée des plants de soja assurée par les bactéries *Rhizobium* pourrait accroître leur productivité (N'Gbesso et al., 2010). La symbiose créée au niveau de la rhizosphère améliore la nutrition azotée de la plante grâce à une fixation de l'azote atmosphérique (Haro et al., 2015). L'inoculation bactérienne des graines de soja afin d'accroître les rendements tout en réduisant les coûts de production serait une voie intéressante. Elle est peu onéreuse

comparée à l'utilisation d'importantes quantités d'engrais minéraux. Des tests d'inoculation avec la souche *Bradyrhizobium japonicum* (IRAT-FA3) à la dose de 400 g d'inoculum/ha ont permis une augmentation du rendement en graines des variétés cultivées. En effet, selon les travaux de N'Gbesso (2011), les écarts de rendements obtenus entre les traitements non inoculés et inoculés en fonction des localités, ont varié entre 9,29 et 52,31%. Cependant, l'on pourrait se demander si cette dose d'inoculum bactérien permet d'optimiser la productivité des variétés de soja cultivées. C'est dans ce contexte que s'inscrit la présente étude dont l'objectif général est d'améliorer la productivité du soja en Côte d'Ivoire par la technique de l'inoculation des semences. Les objectifs spécifiques sont de déterminer une dose efficiente d'inoculum bactérien capable d'accroître significativement la production du soja d'une part et de proposer un nouvel itinéraire technique pour l'amélioration de la productivité du soja d'autre part.

## MATERIEL ET METHODES

Cette étude a été réalisée à Bouaké à la Station de recherches sur les cultures vivrières du Centre National de Recherche Agronomique (CNRA). La ville de Bouaké est située au centre de la Côte d'Ivoire. Ses coordonnées géographiques sont 07°46' de Latitude Nord, 005°06' de Longitude Ouest et à 376 m d'altitude. Le climat est intermédiaire entre le régime bimodal au Sud et le régime monomodal du Nord (N'Gbesso et al., 2013).

Ces périodes sont de moins en moins marquées ces dernières années en raison du réchauffement climatique (Brou et al., 2005). Sa végétation est une transition entre la forêt et la savane (N'Zoué et al., 2003). La pluviométrie moyenne annuelle est comprise entre 724 et 1423 mm (Soro et al., 2007) avec une température moyenne annuelle de 27 °C et une hygrométrie de 75,6%. Les sols sont ferrallitiques typiques ou rajeunis sur granite. L'essai s'est conduit sur une parcelle ayant pour antécédent cultural l'igname.

### Matériel végétal et inoculum

Le matériel végétal ayant servi à la conduite de l'essai est constitué des semences de trois variétés brésiliennes de soja (Canarana, Doko et Tracaja). Les variétés Canarana et Doko sont introduites et cultivées en Côte d'Ivoire depuis plus de 20 ans et Tracaja introduite en 2007, est en phase de vulgarisation (N'Gbesso et al., 2017).

La souche de bactérie testée IRAT-FA3 de *Bradyrhizobium japonicum* a été utilisée pour l'inoculation des semences de soja.

### Méthodes

#### Préparation de l'inoculum bactérien et semis

Une solution épaisse a été obtenue après dissolution du saccharose (120 g) dans 250 ml d'eau. L'inoculum bactérien conditionné sous la forme concentrée dans des sachets de 100 g de tourbe stérilisée a été versé dans la solution de sucre, puis homogénéisée pour la préparation des différentes doses d'application sur les semences. L'inoculation des semences a été réalisée par enrobage des semences à l'abri des rayonnements solaires avant le semis. Les doses ont été de 200, 400, 600 et 800 g d'inoculum, à raison de 60 kg de semences de soja par ha. La concentration de bactéries a été de  $10^9$  bactéries/gramme d'inoculum. Un semis manuel en lignes et en poquets de 3 graines, a été pratiqué immédiatement après

l'inoculation, avec des écartements de 50 cm entre les lignes et 20 cm entre les poquets. Les parcelles témoins (D0) ont été ensemencées en premier afin d'éviter leur contamination par les bactéries contenues dans l'inoculum.

#### Dispositif expérimental

L'essai a été conduit selon un dispositif en blocs de Fisher à 5 répétitions, où deux facteurs ont été étudiés. Le principal était représenté par l'inoculation avec cinq niveaux (D0, D1, D2, D3 et D4) et le facteur secondaire, par la variété de soja avec trois niveaux (Canarana, Doko et Tracaja). Chaque répétition comportait 15 unités expérimentales de 4 m<sup>2</sup> (4 m x 1 m) soit un total de 75 parcelles élémentaires soumises aux traitements suivants :

D0 : semences de soja non inoculées ou témoins ;

D1 : semences de soja inoculées avec 200 g d'inoculum/ha ;

D2 : semences de soja inoculées avec 400 g d'inoculum/ha ;

D3 : semences de soja inoculées avec 600 g d'inoculum/ha ;

D4 : semences de soja inoculées avec 800 g d'inoculum/ha.

Les parcelles élémentaires contiennent 54 poquets de 3 plants, soit une densité de 162 plants par unités expérimentales correspondant à 300 000 plants/ha. La distance entre deux parcelles élémentaires est de 1 m et celle des blocs consécutifs est de 1,5 m. La superficie totale de l'essai avec les bordures est de 1000 m<sup>2</sup>.

#### Paramètres évalués

Les paramètres de production évalués ont porté sur le nombre et le taux de remplissage des gousses, l'indice de récolte des plants, la masse de 100 graines et le rendement en graines.

Au stade de la maturation des gousses, dix plants de soja ont été prélevés dans chaque parcelle élémentaire. Les gousses ont ensuite été séparées des plants, puis leur nombre a été déterminé par comptage. Les gousses séchées

au soleil pendant 7 j ont été pesées et égrainées, puis la masse des graines a été déterminée à l'aide d'une balance de précision.

Le taux de remplissage des gousses a été évalué selon le rapport de la masse des gaines sur la masse sèche des gousses (y compris les graines). Tous les plants ont été récoltés en fin de cycle selon les différentes variétés. Ils ont ensuite été séchés comme précédemment, puis pesés. Après le battage, les graines ont été vannées et leur masse a été mesurée.

L'indice de récolte a été déterminé par le rapport de la masse des graines sur la biomasse sèche des plants. Pour la détermination de la masse de 100 graines, cinq échantillons composés chacun de 100 graines saines ont été prélevés de manière aléatoire dans chaque traitement, puis pesés.

La masse des graines de soja a été déterminée par pesée des graines récoltées dans chaque parcelle élémentaire. La valeur obtenue a ensuite été ramenée à l'hectare afin d'évaluer le rendement en graines (t/ha) des variétés de soja.

#### **Analyses statistiques**

L'effet des doses d'inoculum sur les paramètres de production du soja a été évalué par une analyse de variance (ANOVA) à deux facteurs de classification à l'aide du logiciel Statistica version 7.1. En cas de différence significative, le test de comparaison de Duncan au seuil de 5% a été utilisé pour classer les moyennes en groupes homogènes.

## **RESULTATS**

L'effet de l'inoculum bactérien a été évalué sur les paramètres agronomiques ci-après.

### **Nombre de gousses par plant de soja**

Les résultats relatifs au nombre de gousses par plant des variétés de soja sont consignés dans le Tableau 1. Ils mentionnent que le facteur variété a un effet hautement significatif sur le nombre de gousses par plant. En effet, la variété Canarana a produit le plus

grand nombre de gousses (55 gousses/plant). Elle est suivie de la variété Tracaja (41 gousses/plant). Quant à Doko, elle a présenté le plus faible nombre de gousses (26 gousses/plant). Les différentes doses d'inoculum ont eu une influence sur la formation des gousses. La dose D2 (46 gousses/plant), suivie des doses D1(45 gousses/plant) et D3 (43 gousses/plant) ont induit les plus grands nombres de gousses. La plus petite valeur est obtenue avec le témoin D0 (33 gousses/plant). Concernant la dose D4, elle a montré un nombre de gousses intermédiaire (37 gousses/plant). S'agissant de l'interaction variétés de soja et doses d'inoculum, la dose D3 (62 gousses), suivie des doses D1 (61 gousses/plant) et D2 (60 gousses/plant) de Canarana ont produit les plus grands nombres de gousses par plant. Cependant, les plus faibles nombres de gousses (20 gousses/plant) sont obtenus avec le témoin de Doko ainsi que son traitement inoculé avec D3.

### **Taux de remplissage des gousses de soja**

Les taux de remplissage des gousses ont varié avec une différence hautement significative entre les variétés de soja (Tableau 2). En effet, le taux de remplissage des gousses le plus élevé est obtenu chez la variété Tracaja (71,20%), suivi de Doko (67,22%), le plus faible taux de remplissage des gousses a été observé chez la variété Canarana (63,55%). Les différentes doses d'inoculum ont également eu un effet très significatif sur le taux de remplissage des gousses de soja. Comparées au témoin (64,64%), les différentes doses d'inoculum ont montré les taux de remplissage des gousses les plus élevés (67,66 et 68,31%), sans présenter de différences significatives entre elles. S'agissant de l'interaction variétés de soja et doses d'inoculum, les valeurs observées ont été significativement différentes. Il s'en suit que les traitements D3 (72,95%) et D4 (72,30%) au niveau de

Tracaja ont induit les meilleurs taux de remplissage des gousses. Par contre, les traitements témoins (D0) des variétés Canarana et Doko ont présenté les plus faibles taux de remplissage des gousses avec respectivement 61,80 et 62,24%.

### Indice de récolte des plants de soja

Les résultats consignés dans le Tableau 3 montrent que le facteur variété a un effet hautement significatif sur l'indice de récolte. En effet, les plants des variétés Tracaja (0,463) et Doko (0,460) ont présenté les plus grands indices de récolte. Par contre, ceux de la variété Canarana ont montré le plus faible indice de récolte (0,402). La comparaison des moyennes de l'indice de récolte en fonction des différentes doses d'inoculum montre que les valeurs ont varié de 0,440 à 0,462 selon les essais, contre 0,408 pour le témoin. De plus, le traitement D4 de Doko (0,491) suivi des traitements D2 (0,479), D4 (0,476) et D3 (0,474) de Tracaja ont été les plus favorables à l'accroissement de l'indice de récolte. Cependant, le traitement témoin (0,380) de Canarana et ainsi que ses traitements inoculés avec D1 (0,394) et D2 (0,404) ont présenté les plus faibles indices de récolte.

### Masse de 100 graines de soja

Les masses de 100 graines de soja sont mentionnées dans le Tableau 4. Il ressort que le facteur variété a eu des effets hautement significatifs sur la masse de 100 graines de soja. La plus grande masse de 100 graines est obtenue chez Tracaja (19,54 g), suivie de Doko (18,51 g) et enfin de Canarana qui a obtenu la plus faible masse de 100 graines (11,11 g). Au niveau des différentes doses d'inoculum bactérien, les doses D3 (16,75 g) et D4 (16,76 g) ont présenté les masses de 100

graines les plus élevées. La plus faible masse est obtenue chez le témoin D0 (15,88 g). Quant aux traitements D1 (16,39 g) et D2 (16,15 g), ils ont induit des valeurs intermédiaires. Relativement à l'interaction doses d'inoculum et variétés de soja, les traitements D3 (20,24 g) et D4 (20,07 g) de Tracaja ont présenté les masses les plus élevées pour 100 graines de soja. Cependant, tous les traitements de Canarana ont produit les plus faibles masses de 100 graines. Ces valeurs ont varié de 10,60 à 11,55 g entre les traitements sans présenter statiquement de différences.

### Rendement en graines de soja

Les effets des doses d'inoculum bactérien sur le rendement en graines des différentes variétés de soja sont présentés dans le Tableau 5. Au niveau du facteur variété, le meilleur rendement en graines (4,24 t/ha) est obtenu chez la variété Tracaja alors que les variétés Doko (2,57 t/ha) et Canarana (2,32 t/ha) ont eu les plus faibles rendements en graines. Comparés au témoin (2 t/ha) qui a obtenu la plus faible valeur, le rendement en graines a varié de 3,21 t/ha à 3,37 t/ha selon les traitements inoculés, sans toutefois présenter de différences statistiques. Concernant l'interaction variétés de soja et doses d'inoculum bactérien, les traitements D3 (4,96 t/ha) et D2 (4,81 t/ha) chez Tracaja ont obtenu les meilleurs rendements en graines. En outre, au niveau des variétés Doko et Canarana, se sont respectivement les traitements D1 (3,53 t/ha) et D3 (2,72 t/ha) qui ont présenté les rendements en graines les plus élevés. Enfin, les plus faibles rendements en graines sont obtenus avec les traitements témoins de Doko (1,44 t/ha) et Canarana (1,90 t/ha).

**Tableau 1 :** Effet de l'inoculation bactérienne de *Bradyrhizobium japonicum* sur le nombre de gousses par plant du soja.

Variables	Niveaux	Nombre de gousses
Variétés de soja	Doko	26 c
	Tracaja	41 b
	Canarana	55 a
Doses d'inoculum	D0	33 b
	D4	37 ab
	D3	43 a
	D1	45 a
	D2	46 a
Variétés de soja x Doses d'inoculum	Doko x D3	20 f
	Doko x D0	20 f
	Tracaja x D0	25 ef
	Doko x D4	25 ef
	Doko x D2	30 def
	Doko x D1	33 def
	Tracaja x D1	40 cde
	Canarana x D4	41 cde
	Tracaja x D4	45 bcd
	Tracaja x D3	46 abcd
	Tracaja x D2	46 abcd
	Canarana x D0	52 abc
	Canarana x D2	60 ab
	Canarana x D1	61 ab
Canarana x D3	62 a	
<b>Moyennes</b>		<b>41</b>
<b>Coefficient de variation (%)</b>		<b>5,13</b>

Les moyennes en colonnes affectées des mêmes lettres ne diffèrent pas significativement au seuil de 5 % (test de Duncan).

**Tableau 2 :** Incidence de l'inoculation bactérienne de *Bradyrhizobium japonicum* sur le taux de remplissage des gousses du soja.

<b>Variables</b>	<b>Niveaux</b>	<b>Taux remplissage des gousses (%)</b>
Variétés de soja	Canarana	63,55 c
	Doko	67,22 b
	Tracaja	71,20 a
Doses d'inoculum	D0	64,64 b
	D2	67,66 a
	D1	67,81 a
	D3	68,20 a
	D4	68,31 a
Variétés de soja x Doses d'inoculum	Canarana x D0	61,80 f
	Doko x D0	62,24 f
	Canarana x D2	63,07 ef
	Canarana x D4	63,54 ef
	Canarana x D1	64,45 def
	Canarana x D3	64,91 def
	Doko x D3	66,75 cde
	Doko x D2	68,09 bcd
	Tracaja x D1	69,05 abc
	Doko x D4	69,09 abc
	Tracaja x D0	69,89 abc
	Doko x D1	69,94 abc
	Tracaja x D2	71,81 ab
	Tracaja x D4	72,30 a
Tracaja x D3	72,95 a	
<b>Moyennes</b>		<b>67,33</b>
<b>Coefficient de variation (%)</b>		<b>6,58</b>

Les moyennes en colonnes affectées des mêmes lettres ne diffèrent pas significativement au seuil de 5 % (test de Duncan).

**Tableau 3 :** Impact des doses d'inoculum bactérien de *Bradyrhizobium japonicum* sur l'indice de récolte des plants de soja.

<b>Variables</b>	<b>Niveaux</b>	<b>Indice de récolte</b>
Variétés de soja	Canarana	0,402 b
	Doko	0,460 a
	Tracaja	0,463 a
Doses d'inoculum	D0	0,408 b
	D1	0,439 a
	D2	0,446 a
	D3	0,450 a
	D4	0,461 a
Variétés de soja x Doses d'inoculum	Canarana x D0	0,380 e
	Canarana x D1	0,394 de
	Canarana x D2	0,404 de
	Canarana x D3	0,415 cde
	Canarana x D4	0,418 cde
	Doko x D0	0,418 cde
	Tracaja x D0	0,427bcd
	Tracaja x D1	0,460 abc
	Doko x D2	0,460 abc
	Doko x D3	0,462 abc
	Doko x D1	0,469 ab
	Tracaja x D3	0,474 a
	Tracaja x D4	0,476 a
	Tracaja x D2	0,479 a
	Doko x D4	0,491 a
<b>Moyennes</b>		<b>0,441</b>
<b>Coefficient de variation (%)</b>		<b>10,23</b>

Les moyennes en colonnes affectées des mêmes lettres ne diffèrent pas significativement au seuil de 5 % (test de Duncan).

**Tableau 4 :** Masse de 100 graines des variétés de soja en fonction des doses d'inoculum bactérien de *Bradyrhizobium japonicum*.

<b>Variables</b>	<b>Niveaux</b>	<b>Masse de 100 graines (g)</b>
Variétés de soja	Canarana	11,11 c
	Doko	18,51 b
	Tracaja	19,54 a
Doses d'inoculum	D0	15,88 b
	D1	16,39 ab
	D2	16,15 ab
	D3	16,75 a
	D4	16,76 a
Variétés de soja x Doses d'inoculum	Canarana x D0	10,60 e
	Canarana x D1	10,90 e
	Canarana x D3	11,16 e
	Canarana x D2	11,33 e
	Canarana x D4	11,55 e
	Doko x D0	17,51 d
	Doko x D2	18,51 cd
	Tracaja x D2	18,60 bcd
	Doko x D4	18,67 bcd
	Doko x D3	18,86 abcd
	Doko x D1	19,02 abc
	Tracaja x D1	19,27 abc
	Tracaja x D0	19,53 abc
Tracaja x D4	20,07 a	
Tracaja x D3	20,24 a	
<b>Moyennes</b>		<b>16,39</b>
<b>Coefficient de variation (%)</b>		<b>2,74</b>

Les moyennes en colonnes affectées des mêmes lettres ne diffèrent pas significativement au seuil de 5 % (test de Duncan).

**Tableau 5.** Rendement en graines des variétés de soja en fonction des doses d'inoculum bactérien de *Bradyrhizobium japonicum*.

Variables	Niveaux	Rendement graines (t/ha)
Variétés de soja	Canarana	2,32 b
	Doko	2,57 b
	Tracaja	4,24 a
Doses d'inoculum	D0	2,00 b
	D4	3,21 a
	D3	3,32 a
	D2	3,32 a
	D1	3,37 a
Variétés de soja x Doses d'inoculum	Doko x D0	1,44 e
	Canarana x D0	1,90 de
	Canarana x D1	2,19 de
	Doko x D3	2,28 de
	Canarana x D2	2,35 de
	Canarana x D4	2,48 cde
	Tracaja x D0	2,67 cd
	Canarana x D3	2,72 cd
	Doko x D2	2,79 cd
	Doko x D4	2,79 cd
	Doko x D1	3,53 bc
	Tracaja x D4	4,36 ab
	Tracaja x D1	4,39 ab
Tracaja x D2	4,81 a	
Tracaja x D3	4,96 a	
<b>Moyennes</b>		<b>3,04</b>
<b>Coefficient de variation (%)</b>		<b>4,87</b>

Les moyennes en colonnes affectées des mêmes lettres ne diffèrent pas significativement au seuil de 5 % (test de Duncan).

## DISCUSSION

Les résultats ont montré que l'inoculation a eu des effets significatifs sur le nombre de gousses des variétés de soja. Les différences observées entre ces variétés pourraient s'expliquer par le fait que le nombre des gousses chez le soja varie selon le génotype. De plus, quelle que soit la variété de soja, les plants inoculés ont formé plus de gousses que ceux non inoculés. Les variations

notées seraient dues à l'efficacité des nodules. En effet, les plants inoculés ont présenté plus de nodules efficaces que ceux non inoculés. Ces résultats sont comparables à ceux de Shukuru (2012), qui a noté une augmentation du nombre de gousses par plant de soja sur les parcelles inoculées. Ils sont aussi proches de ceux de Guene et al. (2004), qui ont observé une augmentation du rendement en gousses chez le haricot inoculé par rapport au témoin

non inoculé. Cependant, ils infirment ceux de N'databayi (2012) dont les résultats préconisent que l'inoculation bactérienne n'influence pas la quantité de gousses chez les plants de soja. Cela serait lié aux conditions expérimentales.

La masse de 100 graines de soja a fluctué d'une variété à une autre. Cela serait dû aux performances agronomiques de chaque variété de soja. La réponse à l'inoculation s'expliquerait par le fait que la masse de 100 graines est un caractère variétal très influencé par le milieu extérieur. Ces résultats confirment ceux de N'Gbesso et al. (2010) qui ont noté que les poids de 1000 grains de soja ont été beaucoup améliorés par l'inoculation par rapport à ceux des témoins chez la plupart des génotypes. Les résultats obtenus infirment ceux de Sika (2010), qui ont révélé que l'inoculation bactérienne n'avait pas d'influence sur la masse de 100 graines des variétés de soja testées différentes de celles de notre étude. De plus, dans les parcelles inoculées, les plants de soja disposent suffisamment d'azote mis à leur disposition par les bactéries, en plus de l'azote déjà disponible dans le sol pour satisfaire leurs besoins trophiques. Ceci expliquerait la quantité élevée du taux de remplissage des gousses et de l'indice de récolte dans les traitements inoculés tel que rapporté par Ama-Abina et al. (2012).

S'agissant du rendement en graines, il ressort que les doses d'inoculum ont eu un effet significatif sur les variétés de soja. La fluctuation du rendement entre les variétés pourrait être liée à leur performance génétique. Le rendement en graines élevé chez toutes les variétés inoculées serait la conséquence d'une bonne nutrition azotée des plants. Ceci serait lié à la fixation symbiotique de l'azote assurée par une importante population de la souche IRAT-FA3 enfouie dans le sol après l'inoculation. En effet, selon Anthony (2005), une inoculation typique des graines de soja induit une augmentation de

256.10<sup>9</sup> bactéries par are dans le sol. Ces résultats concordent avec ceux de N'Gbesso et al. (2010) qui ont souligné qu'un accroissement du rendement en graines du soja après l'inoculation varie selon les milieux et les variétés de soja. Les travaux de N'Zoué et al. (2003) ont aussi révélé que l'augmentation de la masse des graines induit une élévation du rendement en graines. Conformément aux résultats de Légère (2009), l'inoculation bactérienne des graines de soja permet d'obtenir un rendement élevé grâce à la fixation symbiotique de l'azote. Le fait que la variété Canarana a produit un plus grand nombre de gousses que les deux autres variétés alors que le rendement en graines de la variété Tracaja est supérieur à celui de Canarana, serait dû à un phénomène d'avortement ou de malformation des graines chez la variété Canarana. La variété Tracaja aurait aussi produit des graines de plus grandes tailles que celles des variétés Doko et Canarana.

### Conclusion

Cette recherche a permis d'obtenir des résultats prometteurs au niveau de la production des variétés de soja testées. Les variétés de soja ont présenté différents niveaux de variabilité face aux doses d'inoculum bactérien. Les effets bénéfiques de l'inoculation bactérienne sur le rendement en graines et les autres paramètres étudiés sont dus à la bonne fixation symbiotique de l'azote atmosphérique. Il ressort de cette étude que la variété Tracaja a présenté la meilleure production sur l'ensemble de paramètres évalués à l'exception du nombre de gousses pour lequel la variété Canarana a été la plus performante. Ce travail a aussi révélé que la meilleure dose d'inoculum bactérien à appliquer chez les variétés Tracaja et Canarana est la dose de 600 g d'inoculum/ha. Par contre, la dose de 200 g d'inoculum/ha a permis d'optimiser la production chez la variété Doko.

### CONFLIT D'INTERETS

Les auteurs de cet article déclarent ne pas avoir de conflit d'intérêt.

### CONTRIBUTIONS DES AUTEURS

BB a conduit les essais et préparé le manuscrit. LT a supervisé toutes les expérimentations et la rédaction du manuscrit. MN a suivi les essais sur le terrain.

### REMERCIEMENTS

Nous remercions les Responsables du Laboratoire de Physiologie Végétale, pour les efforts qu'ils n'ont cessé de déployer pour la recherche scientifique. Nous adressons nos vifs remerciements aux autorités du Centre National de Recherche Agronomique, qui nous ont permis de conduire ces travaux.

### REFERENCES

- Aganze MV. 2014. Réponse de trois variétés de soja à l'inoculation par *Bradyrhizobium japonicum* sans limitation de phosphore et de Potassium à buhehe/birava en territoire de Kabare (République Démocratique du Congo). Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme d'Ingénieur Agronome, Université Catholique de Bukavu (République Démocratique du Congo), 52 p.
- Ama-Abina TJ, Beugre GF, N'Gbesso MF, Brou ND, Yoro GR. 2012. Effets d'un herbicide et de l'inoculation sur les facteurs de rendement du soja cultivé sur un sol gravillonnaire de plateau. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, **6**(5): 1970-1978. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v6i5.7>
- Anthony B. 2005. Soybean Inoculation, Should we do it? South Dakota State University. Plant Science Departement. Final report. December, 15 p.
- Beugre GF, N'Gbesso MF, Ama-Abina TJ, Yoro GR. 2013. Influence d'un herbicide et de l'inoculation des semences sur la croissance du soja [Glycine max (L.) Merrill] cultivées sur un sol Gravillonnaire de plateau. *Agronomie Africaine*, **25**(3) : 221-229. DOI: <https://www.ajol.info/index.php/aga/article/view/100645>
- Brou YT, Akindès F, Bigot S. 2005. La variabilité climatique en Côte d'Ivoire : entre perceptions sociales et réponses agricoles. *Cahiers Agricultures*, **14**(6): 533 – 540.
- Guene NFD, Diouf A, Gueie M. 2004. Nitrogen Fixation in the Common Bean (*Phaseolus vulgaris*) – A Multilocational Inoculation Trial in Senegal. Symbiotic Nitrogen Fixation-Prospects for Enhanced Application In Tropical Agriculture, 247-252.
- Haro H, Sanon KB, Krasova-Wade T, Kane A, N'Doye I, Traoré AS. 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. DOI : <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v9i3.31>
- Karaboneye F. 2013. Caractérisation de l'efficacité symbiotique des lignées africaines de soya à haute promiscuité. Mémoire Master, Université Laval/Québec (Canada), inédit, 86 p.
- Légère A. 2009. Biodiversité et productivité utopie ou réalité ? Constat après 18 années de pratiques de conservation des sols. Colloque sur la Phyto-protection 22 oct. 2009.
- N'Gbesso MF. 2011. Evaluation et amélioration de la productivité de lignées de soja (Glycine max L. Merrill) par les techniques d'inoculation et de conservation des semences. Thèse de doctorat unique N° 682/2011. UFR Biosciences, Université de Cocody-Abidjan (Côte d'Ivoire), 187 p.

- N'Gbesso MF, N'guetta ASP, Kouamé N, Foua BK. 2010. Évaluation de l'efficacité de l'inoculation des semences chez 11 génotypes de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) en zone de savane de Côte d'Ivoire. *Sciences et Nature*, **7**(1) : 59-67. DOI : <http://dx.doi.org/10.4314/scinat.v7i1.59931>
- N'Gbesso MF, Zohouri GP, Fondio L, Djidji AH, Konate D. 2013. Étude des caractéristiques de croissance et de l'état sanitaire de six variétés améliorées de niébé [*Vigna unguiculata* (L.) Walp] en zone centre de Côte d'Ivoire. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, **7**(2): 457-467. DOI : <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v7i2.4>
- N'Gbesso MF, Fondio L, Coulibaly ND, Kouamé NC. 2017. Efficacité symbiotique de cinq souches locales de rhizobiums sur les paramètres de croissance du soja. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, **11**(5): 2327-2340. DOI : <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v11i5.30>
- N'Zoué A, Kouame C, Mondeil F, N'Gbesso M. 2003. Analyse agro-morphologique de deux lignées de soja (*Glycine max* L. MERR), *Agronomie Africaine*, **15**(3) : 93-104. DOI : <http://dx.doi.org/10.4314/aga.v15i3.1632>
- Ndatabayi 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 : 45 p.
- 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, U.C.B/Bukavu, inédit : 55 p.
- Sika E. 2010. Réponse de 5 variétés naines de haricot commun et de soja à l'inoculation sans limitation du phosphore et du potassium : Cas du Territoire de Kabare et de Walungu (République Démocratique du Congo). Mémoire de fin d'études, U.C.B/Bukavu, inédit : 68 p.
- Singh C, Shivakumar BG. 2010. *The role of soybean in agriculture: The soybean Botany, Production and Uses*. CABI: London, UK; 24-47.
- Soro S, Doumbia M, Dao D, Tschannen A, Girardin O. 2007. Performance de six cultivars de tomate *Lycopersicon esculentum* (Mill.) contre la jaunisse en cuillère des feuilles, le flétrissement bactérien et les nématodes à galles. *Sciences et Nature*, **4**(2) : 123-130. DOI : <http://dx.doi.org/10.4314/scinat.v4i2.42137>