

Journal of
Agriculture Policy
(JAP)

Effets du pesticide Insector T et d'inoculum Nodumax sur la performance du soja (Glycine max) cultivé au Nord-Cameroun



CARI
Journals

Effets Du Pesticide Insector T Et D'inoculum Nodumax Sur La Performance Du Soja (Glycine Max) Cultivé Au Nord-Cameroun

 ^{1*}Rongoumi Gilbert, ²Sadou Hayatou, ³Ganava Wouyak

^{1*, 2}Institut de Recherche Agricole pour le Développement (IRAD) de Garoua, BP 415 Garoua, Cameroun

³Département des Sciences Biologiques, Faculté des Sciences, Université de Ngaoundéré, BP 454 Ngaoundéré, Cameroun

Accepted: 15th Nov 2023 Received in Revised Form: 26th Nov 2023 Published: 13th Dec 2023

Resume

But : L'effet Insector T et Nodumax a été évalué sur la germination, la croissance, la nodulation et le rendement en grains de *Glycine max* à Sanguéré-Paul et Soukoundou dans la région du Nord-Cameroun.

Méthodologie : L'essai a été conduit suivant un dispositif de block complètement randomisé (DBCR).

Résultats : Les résultats ont montré que le taux de levée des graines et la croissance des plants de soja ont été améliorés par Insector à Sanguéré-Paul.

Contributeur unique à la théorie, aux politiques et à la pratique : Cette étude révèle l'effet positif de l'inoculum Nodumax sur la nodulation en champs à Soukoundou. Les Bradyrhizobium ont développé une tolérance vis-à-vis d'Insector qui s'est traduit par une amélioration de la nodulation en présence du pesticide. L'effet site a été très hautement significatif sur la croissance des plants ($p = 0,0001$), sur le rendement ($p = 0,0001$) et même sur le poids de 1000 graines révélant des conditions plus favorables à Sanguéré-Paul qu'à Soukoundou pour la production de soja.

Mots clés : *Insector T, Nodumax, Glycine Max, Rhizobia, Et Nord-Cameroun*

INTRODUCTION

L'intensification de l'agriculture a engendré une utilisation croissante des fertilisants et des produits phytosanitaires. Les produits phytosanitaires ou les pesticides sont destinés à limiter la prolifération des bio-agresseurs tels que les mauvaises herbes, les insectes, les champignons, les rongeurs, les acariens dans le but d'optimiser les rendements agricoles. De l'autre côté nous notons une diversification de fertilisant allant de la fumure minérale aux biofertilisants en passant par la fumure organique. Les rhizobia sont une catégorie des bactéries qui établissent une symbiose avec des Légumineuses et qui assurent la nutrition azotée de ces dernières à travers la fixation biologique de l'azote atmosphérique (Voisin *et al.*, 2015 ; Deaker *et al.*, 2016).

L'utilisation des pesticides et des biofertilisants à base des rhizobia vise le même objectif à savoir l'amélioration de la production agricole, cependant ces deux produits ne sont souvent pas compatibles. L'utilisation des pesticides en agriculture présente deux aspects aux conséquences opposées. Le premier concerne la réduction des dégâts causés aux cultures par les bio-agresseurs et le deuxième aspect relève de la pollution de l'air, de l'eau et du sol (Calvet *et al.*, 2005). Les pesticides peuvent affecter négativement les enzymes d'oxydo-réduction, la virulence des bactéries et l'activité fixatrice des rhizobia (Shahin *et al.*, 2003). Les fongicides ont à la fois des effets inhibiteurs et stimulateurs sur les associations Légumineuses – bactéries (Allen, 1986). Le thirame et la carboxine à la dose recommandée sont compatibles avec l'inoculation de *Glycine max* (soja). L'évaluation de l'impact de ces pesticides sur les microorganismes du sol représente un enjeu environnemental à prendre en compte dans les pratiques d'inoculations de Légumineuses par des bactéries du genre *Rhizobium*. L'antagonisme ou la complémentarité des rhizobia et des pesticides nécessite une attention pour le succès des essais d'inoculation. Pour ce qui est de l'objectif de ce travail, nous nous proposons d'évaluer l'effet du pesticide Insector T, produit de protection des semences et des jeunes plants après germination sur l'inféctivité et l'effectivité des rhizobia contenus dans le biofertilisant Nodumax. Les objectifs spécifiques comprennent : l'évaluation du taux de germination, de la croissance des plants, de la nodulation et le rendement en soja grain.

MATERIELS ET METHODES

MATERIELS

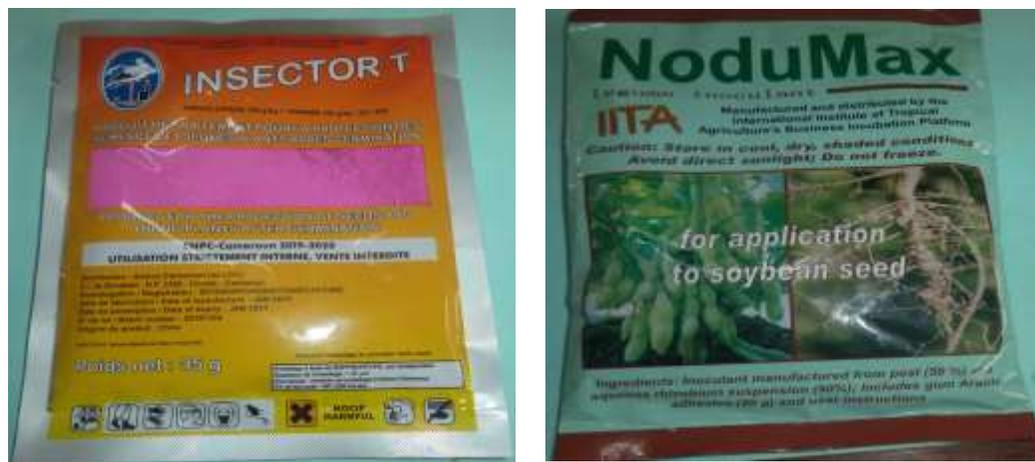
➤ Pesticide Insector T

Insector T est un produit de protection des semences et des jeunes plants après la levée contre les bioagresseurs. Il est fait de deux matières actives : l'imidaclopride qui est un insecticide avec une proportion de 350g/kg du produit et de thirame qui est un fongicide en raison de 100g/kg du produit.

➤ Biofertilisant Nodumax

Nodumax est un biofertilisant du soja à base du Bradyrhizobium sp. Il est fait de la tourbe contenant des Bradyrhizobium sp à une concentration de 10^9 microorganismes par gramme de l'inoculum. Nodumax a été fabriqué par l'Institut International de l'Agriculture Tropicale (IITA) au Nigeria.

Figure 1 : pesticide insector T (A) et L'inoculum nodumax (B)



➤ **Soja**

La variété du soja utilisée est la Houla1, une variété locale prise dans la localité de Houla à l'extrême – Nord du Cameroun. Elle est apte aux conditions pédoclimatiques de la zone soudano sahélienne. Les caractéristiques de la variété sont consignées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 1 : Caractéristiques de la variété Houla1

Code	Variété	Origine	Cycle (jours)	Rendement moyen (kg/ha)
T4	Houla 1	Cameroun	105	2 000

METHODES

➤ **Sites d'expérimentation**

Les travaux ont été conduits dans deux sites : le site de Sanguéré-Paul, à la station polyvalente de l'IRAD de Garoua et le site de Soukoundou à l'Antenne de l'IRAD de Soukoundou. Les sols de Sanguéré - Paul sont lessivés, faiblement développés; à taches et concrétions sur grès alors qu'à Soukoundou, les sols sont ferrallitiques typiques; Brun -jaune à brun rouge sur roches basiques. La pluviométrie atteignent 1000 mm à Sanguéré – Paul mais à Soukoundou, elle tourne autour de 800 mm. Les pluies sont éparées créant ainsi des poches de sécheresse qui ont des effets directs sur l'agriculture.

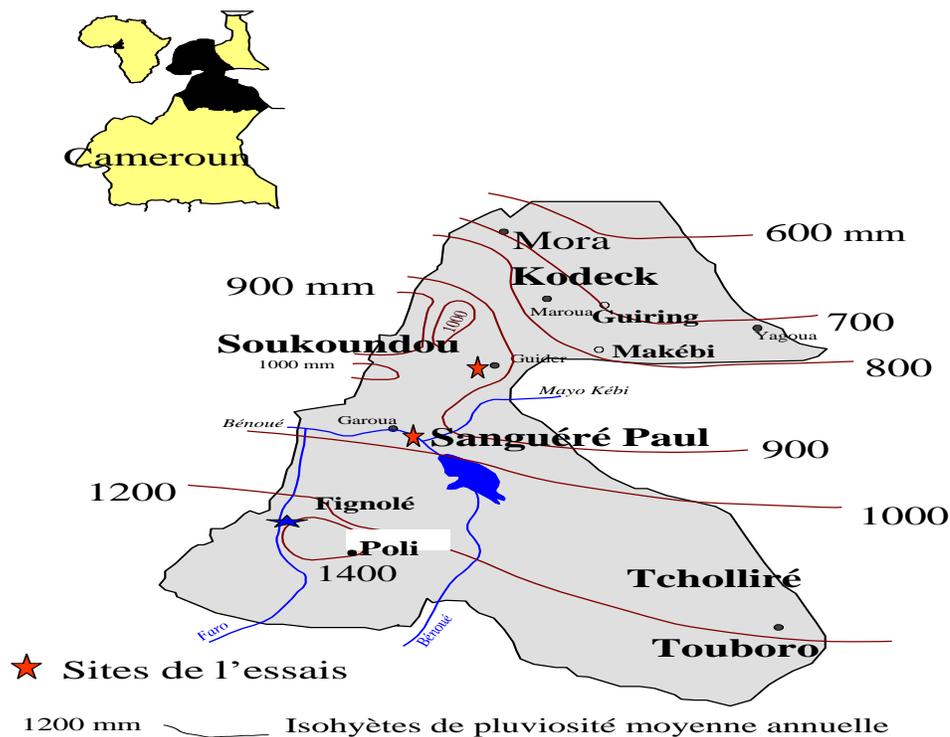


Figure 2: Localisation géographique des sites d'essai

➤ **Dispositif expérimental**

Le dispositif expérimental est un bloc complet randomisé à 3 répétitions et 4 traitements pour chaque site d'essai. Les traitements sont les suivants:

- T0 = témoin : pas de Nodumax et pas d'Insector T ;
- T1 : Insector T ;
- T2 : Nodumax
- T3 : Insector + Nodumax.

Les unités expérimentales ont chacune 4m x 2m de dimensions, soit 8m² de superficie. Chaque unité expérimentale a 4 lignes de 4m de long chacune. Chaque ligne avait 21 poquets. Les écartements entre les lignes étaient de 50cm et de 20 cm sur la ligne. Chaque poquet a reçu 4 graines de soja mais à la levée les plants sont démarrés à deux plants par poquet après l'évaluation du taux de levée.

➤ **Application du produit de traitement de semences et du biofertilisant**

- **Enrobage des semences par Nodumax**

L'inoculation de semences de soja par le biofertilisant Nodumax a été faite par enrobage des semences de soja à la dose d'un sachet de nodumax pour 5 kg de semence de soja. Une bouillie

lourde de Nodumax a été faite avec un peu d'eau un sachet de poudre du lait « Nido » comme adhésif. La bouillie est mélangée aux graines de soja et homogénéisée. Le semis est fait immédiatement après enrobage.

- **Traitement des semences par Insector T**

Pour ce qui est du pesticide Insector T, le traitement semence de soja a été fait suivant la dose recommandée par les fabricants à savoir d'un sachet de 30g d'Insector T pour 5kg de semence de soja. Les graines sont légèrement mouillées puis mélangées à la poudre d'insector.

- **Traitement des semences par Nodumax et Insector T à la fois**

Après avoir enrobé les semences par Nodumax tel que décrit ci – haut, on y répand de la poudre d'insector en respectant la dose prescrite puis on homogénéise le mélange. Chaque graine est non seulement couverte de nodumax mais aussi de la poudre d'insector. Le semis a été fait immédiatement après traitement dans un sol suffisamment humide.

- **Collecte des données**

Les données ont été collectées sur les deux lignes centrales. Les données collectées sont le taux de levée, la taille des plantes, la nodulation à 40 jours après semis (Ngakou *et al.*, 2012), le poids de 1000 graines et le rendement en soja grains.

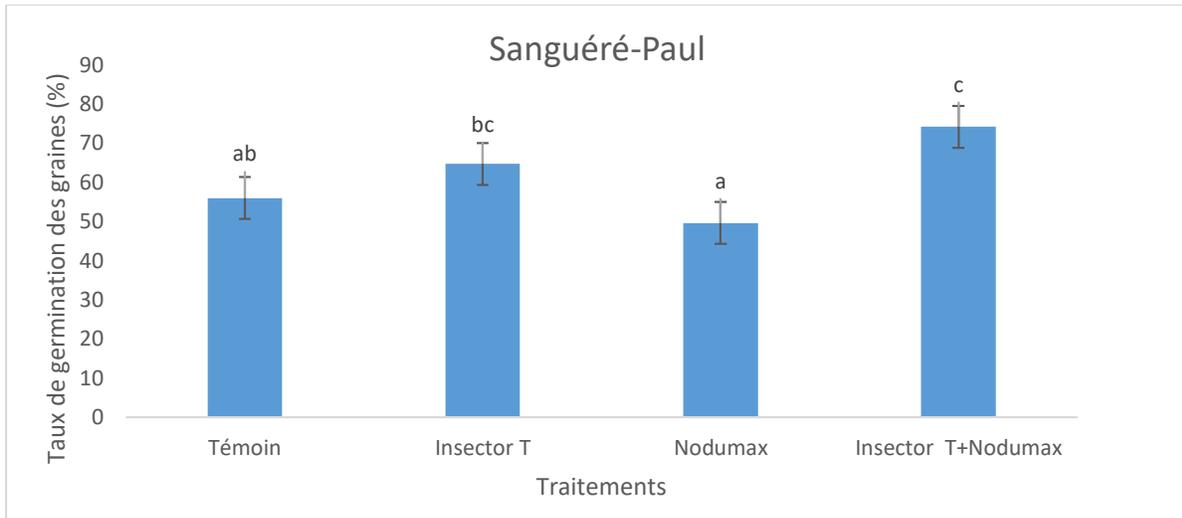
- **Analyse des données**

Le programme d'analyse statistique STATGRAPHICS 5 .0 a été utilisé pour les analyses ANOVA avec le taux de germination des graines, la taille, le nombre et biomasse sèche des nodules et les rendements (poids de 1000 graines et le rendement en grains de soja en kg/ha) comme variables à 5% de degré de significativité.

RESULTATS.

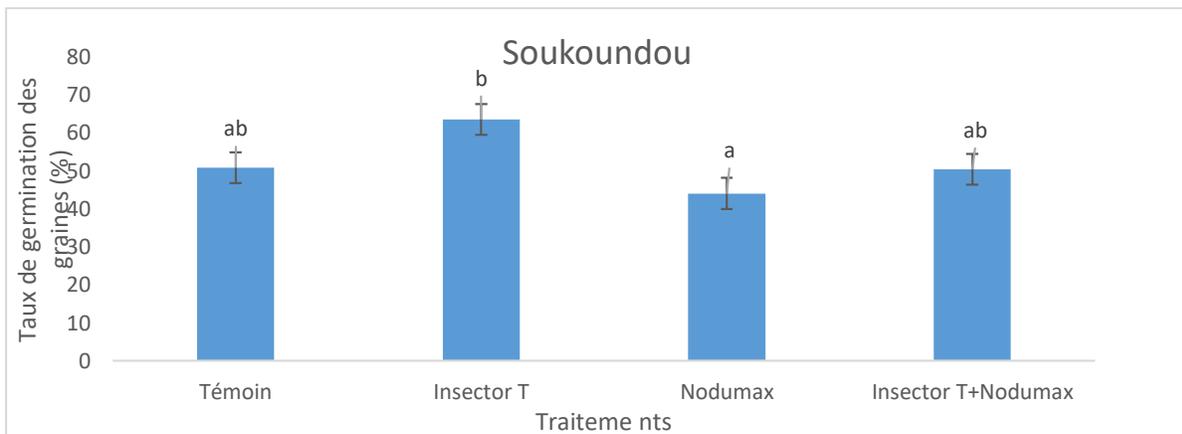
- **Taux de Levée des graines**

Le taux de levée est le rapport entre les graines germées (nombre des plants à la levée) sur le nombre total des graines semées dans une unité de surface donnée. Il s'exprime en pourcentage. Les figures 3, 4 et 5 suivantes nous montrent le taux de levée des différents traitements dans le site de Sanguéré – Paul (figure 3), de Soukoundou (figure 5) et l'effet site sur le taux de levée (figure 5). Dans le site de Sanguéré – Paul, une différence significative ($p = 0,0243$) a été notée entre les taux de levée des différents traitements. Les semences traitées au produit insector ont présenté des taux de levée supérieurs à celles qui n'en ont pas reçu. A Soukoundou il n'y a pas de différence significative ($p = 0,0927$) entre les traitements. Le traitement Insector + Nodumax a un taux de levée comparable aux traitements n'ayant pas reçu du produit insector. L'effet des sites n'est pas significatif. Les sites n'ont pas eu d'effet sur l'efficacité du produit Insector T.



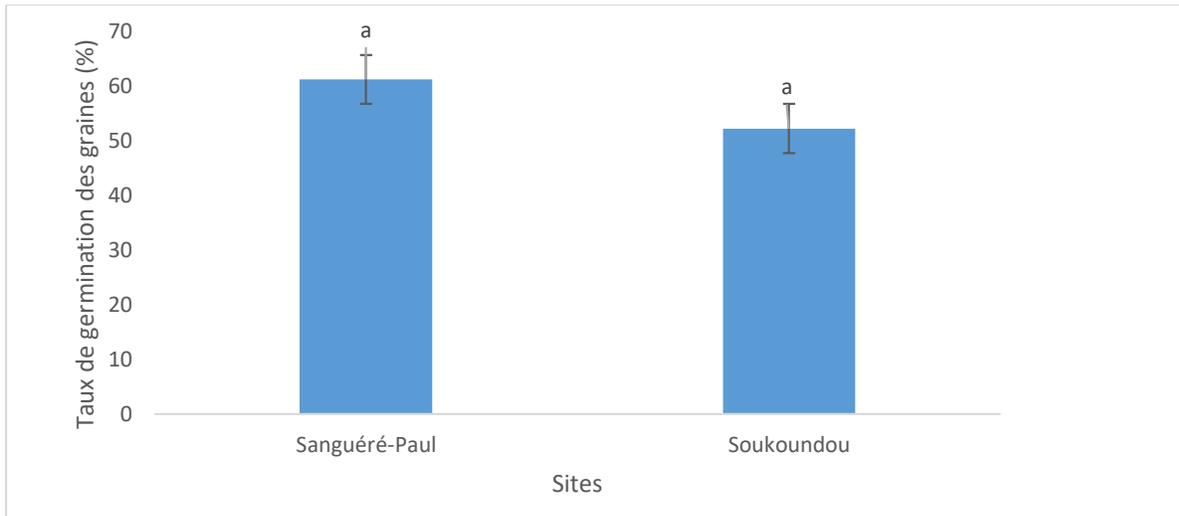
Les données sont les plus petites moyennes significatives \pm écart-types. Les bandes portant la même lettre ne sont pas statistiquement différentes ($p = 0,0243$) entre traitements par ANOVA au degré de signification indiqué

Figure 3 : Taux de germination des graines (%)



Les données sont les plus petites moyennes significatives \pm écart-types. Les bandes portant la même lettre ne sont pas statistiquement différentes ($p = 0,0927$) entre traitements par ANOVA au degré de signification indiqué

Figure 4: Taux de germination des graines (%)



Les données sont les plus petites moyennes significatives \pm écart-types. Les bandes portant la même lettre ne sont pas statistiquement différentes ($p = 0,059$) entre traitements par ANOVA au degré de signification indiqué

Figure 5: Taux de germination des graines (%)

➤ **Effet de Nodumax et d’Insector sur la croissance de soja**

Le paramètre de la croissance évalué dans le cadre de ce travail c’est la taille. Il ressort du tableau 2 que l’application du produit Insector (imidaclopride et thirame) n’a pas d’effet significatif sur la croissance des plantes de soja à 15 et à 30 jours après semis dans le site de Soukoundou. Par contre à Sanguéré – Paul, un effet très significatif ($p < 0,0001$) a été enregistré à 30 JAS sur la taille des plantes de soja. Les plantes issues des semences traitées avec insector ont présenté des tailles plus grandes que celles issues des semences non traitées. L’effet site sur la taille des plants est aussi hautement significatif. A 15 JAS, les plants du site de Soukoundou étaient plus grands de taille que ceux de Sanguéré – Paul mais à 30 JAS, une situation inverse a été notée. Les plants de Sanguéré – Paul sont devenus plus grands de taille que ceux de Soukoundou.

Tableau 2 : Effet des traitements sur la taille (cm) des plants

Traitements	Soukoundou		Sanguéré-Paul	
	Taille 15JAS	Taille 30JAS	Taille 15JAS	Taille 30JAS
Témoin	13,73±1,94 ^a	31,33±3,83 ^a	11,73±2,37 ^b	47,93±8,24 ^a
Insector	14,60±1,88 ^a	30,87±4,12 ^a	11,47±1,90 ^{ab}	58,43±7,85 ^b
Nodumax	13,60±1,55 ^a	32,27±3,24 ^a	9,90±2,39 ^a	46,47±8,58 ^a
Insector + Nodumax	14,67±1,63 ^a	31,33±4,91 ^a	11,97±2,03 ^b	59,80±6,80 ^b
Probabilités	0,2177	0,8164	0,0541	< 0,0001

Les données sont les plus petites moyennes significatives ± écart-types. Les valeurs portant la même lettre en exposant dans la même colonne ne sont pas statistiquement différentes par ANOVA au degré de signification indiquée

Tableau 3 : Effet site sur la taille (cm) des plants

Paramètres	Sites		
	Sanguéré-Paul	Soukoundou	Probabilités
Taille des plants à 15 JAS	11,27 ± 2,29 ^a	14,15±1,78 ^b	< 0,0001
Taille des plants à 30 JAS	53,16±9,79 ^b	31,35±3,10 ^a	< 0,0001

Les données sont les plus petites moyennes significatives ± écart-types. Les valeurs portant la même lettre en exposant dans la même colonne ne sont pas statistiquement différentes par ANOVA au degré de signification indiquée

Nodulation des plants

La nodulation inclue le nombre des nodules totaux, les nodules fixateurs d'azote (nodules actifs) et la biomasse sèche des nodules. Ces nodules ont été récoltés au 40^{ème} jour après semis à 50% de floraison. Des nodules ont été récoltés chez les plants inoculés et non-inoculés (Tableau 4). L'effet du traitement a été hautement significatif ($p < 0,0079$) pour les nodules totaux et significatif ($p = 0,0101$) pour les nodules actifs dans le site de Soukoundou. Le traitement Nodumax s'est démarqué des autres traitements non seulement pour ce qui est des nodules totaux mais aussi en ce qui concerne les nodules fixateurs d'azote. L'effet du traitement Insector + Nodumax sur la nodulation n'est pas significativement différent de celui du témoin et du traitement Insector. La même tendance est notée dans le site de Sanguéré – Paul mais les différences ne sont pas significatives au seuil de 5%.

L'effet de site sur la nodulation des plants a été évalué et présenté dans le tableau 5. Il apparaît clairement que cet effet n'a pas été significatif ($p = 0,8187$, $p = 0,1114$ et $p = 0,1471$ respectivement pour les Nodules totaux, Nodules actifs et Biomasse sèche de nodules) sur la nodulation des plants (Tableau 5).

Tableau 4: Effet traitements sur la nodulation des plants

Traitements	Soukoundou			Sanguéré-Paul		
	NT	NA	PN(g)	NT	NA	PN (g)
Témoin	21±11 ^a	19±10 ^a	0,335±0,180 ^a	21±13 ^a	14±13 ^a	0,300±0,147 ^a
Insector	18±6 ^a	16±6 ^a	0,327±0,135 ^a	21±14 ^a	18±13 ^a	0,319±0,145 ^a
Nodumax	31±12 ^b	28±12 ^b	0,440±0,159 ^a	27±10 ^a	23±10 ^a	0,363±0,152 ^a
Insector+Nodumax	25±10 ^{ab}	23±10 ^{ab}	0,385±0,174 ^a	23±11 ^a	18±8 ^a	0,336±0,161 ^a
Probabilités	0,0079	0,0101	0,098	0,4843	0,2293	0,7058

Les données sont les plus petites moyennes significatives ± écart-types. Les valeurs portant la même lettre en exposant dans la même colonne ne sont pas statistiquement différentes par ANOVA au degré de signification indiqué

Légende : NA = Nodules totaux, NT = Nodules actifs, PN = Poids nodulaires

Tableau 5: Effet site sur la nodulation de plants

Sites	Nodules totaux	Nodules actifs	Biomasse sèches de nodules (g)
Sanguéré-Paul	23±12 ^a	18±11 ^a	0,3296±0,1492 ^a
Soukoundou	23±11 ^a	21 ±10 ^a	0,3715±0,1648 ^a
Probabilités	0,8187	0,1114	0,1471

Les données sont les plus petites moyennes significatives ± écart-types. Les valeurs portant la même lettre en exposant dans la même colonne ne sont pas statistiquement différentes par ANOVA au degré de signification indiquée

Effet du Nodumax et d'Insector sur le rendement en soja grains

Les effets de traitement et de site sur le rendement sont représentés respectivement dans les tableaux 6 et 7 ci-après. L'effet traitement n'a pas été significatif ($p = 0,6141$ et $p = 0,7944$, pour respectivement kg/ha et poids de 1000 graines) sur le rendement mais la combinaison Insector-Nodumax a légèrement amélioré le rendement (Tableau 6). Il apparaît clairement que le rendement en kg/ha enregistré à Sanguéré-Paul est très significativement supérieur ($p < 0,0001$) à celui enregistré à Soukoundou, tandis que le poids de 1000 graines est hautement ($p = 0,0038$) plus important à Soukoundou qu'à Sanguéré-Paul (Tableau 7).

Tableau 6: Effet de traitement sur le rendement (kg/ha et poids de 1000 graines)

Traitements	Soukoundou		Sanguéré-Paul	
	RDT (kg/ha)	PMG(g)	RDT (kg/ha)	PMG(g)
Témoin	1525,000±106,800 ^a	115,467±3,78 ^a	2237,500±306,951 ^a	109,813±6,80 ^a
Insector	1654,170±325,080 ^a	118,200±3,41 ^a	2445,830±225,116 ^a	109,427±5,54 ^a
Nodumax	1616,690±137,121 ^a	116,313±3,51 ^a	2245,830±256,580 ^a	105,157±14,64 ^a
Inse+Nodu	1741,670±319,749 ^a	119,220± 2,82 ^a	2737,500±375,624 ^a	111,180±8,01 ^a
Probabilités	0,7528	0,5445	0,2119	0,8738

Les données sont les plus petites moyennes significatives ± écart-types. Les valeurs portant la même lettre en exposant dans la même colonne ne sont pas statistiquement différentes par ANOVA au degré de signification indiqué

Tableau 7: Effet site sur le rendement (kg/ha et masse de 1000 graines)

Rendements	Sites		
	Sanguéré-Paul	Soukoundou	Probabilités
Kilogramme/hectare	2416,670 ± 330,131 ^b	1634,380 ± 223,361 ^a	< 0,0001
Poids de 1000 graines	108,894 ± 8, 375 ^a	117,300 ± 3,286 ^b	0,0038

Les données sont les plus petites moyennes significatives ± écart-types. Les valeurs portant la même lettre en exposant dans la même ligne ne sont pas statistiquement différentes par ANOVA au degré de signification indiqué

DISCUSSION

Nos résultats ont montré une augmentation du taux de germination dans les parcelles qui ont reçu les semences traitées avec Insector. Ceci révèle l'efficacité de l'insecticide imidaclopride et du fongicide thirame sur la protection des graines et des plantules contre les bioagresseurs et l'amélioration du taux de germination. Les mêmes observations ont été rapportées par Smiley et *al.* (1996) cités par Amgoud (2015). Ces derniers soulignent que les faibles doses des triazoles (fongicides) pourraient entraîner une augmentation du taux de germination. Nos résultats sont contraires à ceux d'Amgoud (2015) qui a plutôt rapporté une diminution du taux de germination du blé traité par le tubéconazole et le difénoconazole par rapport au témoin non traité.

L'augmentation de la taille des plants issus des traitements Insector et Insector + Nodumax montre qu'Insector, en plus de l'amélioration du taux de germination, améliore aussi la croissance des plantes. En neutralisant les effets des bioagresseurs contre la plante, Insector T a créé des conditions favorables dans la rhizosphère pour une bonne croissance. Le même constat a été fait par Ahemad et Khan (2011a) qui ont affirmé que plusieurs insecticides ont été appliqués au sol pour maximiser les rendements agricoles en inhibant les contraintes limitant la croissance des plantes. Mais il faut dire qu'Insector pourrait également agir directement sur la plante en modifiant le métabolisme de cette dernière. Il a été rapporté que l'exposition des plantes aux fongicides pourrait stimuler la synthèse des acides aminés libres parmi lesquelles la proline qui est une source

de carbone, d'azote et d'énergie pour la plante (Amalan Rabert *et al.*, 2013 cités par Amgoud, 2015).

La présence des nodules chez les plants non inoculés révèle l'existence des souches endogènes de *Rhizobium* efficaces dans les deux sites d'essai (Ngakou *et al.*, 2007 ; Ngbesso *et al.*, 2010). Une amélioration significative du nombre de nodules et une augmentation numérique de la biomasse sèche de nodule par l'inoculum Nodumax ont été notées (Akley *et al.*, 2022) comparé aux plants non inoculés (Tableau 4). Un constat similaire a été fait précédemment sur *Mucuna flagellipes* au Nigeria (Agba *et al.*, 2012) et sur *Vachellia nilotica* en Inde (Kumar *et al.*, 2017). Pareillement, une révélation similaire a été faite récemment sur 4 légumineuses *Senegalia senegal*, *Vachellia seyal*, *Cajanus cajan* et *Vigna unguiculata* au Cameroun (Ganava *et al.*, 2020). L'inoculation par une souche de *Rhizobium* efficace améliore la nodulation (Ngakou *et al.*, 2009 ; Drew *et al.*, 2014 ; Voisin *et al.*, 2015 ; Fall, 2016), et par conséquent la croissance de la plante hôte (Argaw *et al.*, 2012 ; Ganava *et al.*, 2020). Nous remarquons que le nombre des nodules totaux et fixateurs induits par le traitement Insector T + Nodumax, malgré la supériorité numérique, n'est pas significativement différent de celui des traitements qui n'ont pas été inoculés. Le même constat est fait dans les deux sites. Ce constat met en évidence un effet négatif momentané ou faible du pesticide Insector sur les *Bradyrhizobium* de l'inoculum. On pourrait penser à une inhibition momentanée de la nodulation par Insector, le temps pour les *Bradyrhizobium* de mettre en place le mécanisme de résistance ou de tolérance vis-à-vis du produit. Ahemad et Khan (2011b) ont mis en évidence un niveau élevé de tolérance des *Bradyrhizobium* aux fibronil et pyriproxifen qui sont des insecticides. Les mêmes auteurs rapportent que la tolérance des bactéries aux insecticides quels qu'ils soient varie selon le type et la concentration des insecticides. Ceci démontre clairement l'importance agronomique et environnementale des bactéries du genre *Rhizobium* en général et du genre *Bradyrhizobium* associé au soja en particulier. Cette symbiose avec les bactéries du genre *Rhizobium* permet par conséquent aux légumineuses de se développer dans des milieux pollués. Dans cette étude, l'effet site n'a pas été significatif sur le taux de levée et sur la nodulation mais hautement significatif sur la croissance de la plante et le rendement en soja grains. Une meilleure croissance et un meilleur rendement ont été enregistrés dans le site de Sanguéré – Paul. Les conditions pédoclimatiques du site de Sanguéré – Paul sont plus favorables à la production du soja que celles de Soukoundou. Le site de Soukoundou est dans la zone de transition entre le climat soudanien et le climat sahélien.

CONCLUSION

En somme, nous retenons de cette étude que le pesticide Insector a amélioré le taux de germination et la croissance des plants de soja dans le site de Sanguéré – Paul. Les *Bradyrhizobium* contenus dans Nodumax ont été non seulement infectifs mais aussi efficaces à Soukoundou. A Sanguéré – Paul leur effet sur la nodulation n'a pas été significatif. Ces bactéries tolèrent le fongicide (Thirame) et l'insecticide (imidaclopride) contenus dans le produit insector. La complémentarité de *Bradyrhizobium* et du complexe imidaclopride-thirame a amélioré numériquement le rendement de soja dans les deux sites. Ces résultats mettent en exergue le rôle important que jouent

les Bactéries Rhizobium non seulement en agronomie mais aussi dans la protection de l'environnement à travers la biodégradation des produits phytosanitaires. Pour des études ultérieures, l'isolement et la caractérisation des rhizobia natifs fourniraient des souches plus efficaces dans les essais d'inoculation que celles qui viennent d'une autre écologie.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient le SIL (Soybean Innovation Laboratory) de l'université d'Illinois aux USA pour la mise à leur disposition l'inoculum nodumax sans lequel ce travail n'aurait pas eu lieu.

REFERENCES

- Agba O. A., Mbah B. N., Asiegba J. E., Eze S. C., 2013. Effets de l'inoculation de *Rhizobium leguminosarum* sur la croissance et le rendement de *Mucuna flagellipes*. *Global Journal of Agricultural Sciences*, 12:45-53.
- Ahemad M. et Khan M. S., 2011. Insecticide – tolerant and plant growth promoting *Bradyrhizobium sp.* improves the growth and yield of green gram (*Vigna radiata* (L.) Wilczek) in insecticide stressed soils symbiosis (2011) 54: 17 – 27. DOI 10; 1007/s 13199 – 011 – 0122 – 6.
- Akley E K, Rice C W, Adotey N, Ampim P A Y, Vara Prasad P V, Owusu Danquah E et Denwar NN, 2022. Effets résiduels d'inoculation au *Bradyrhizobium* sur la performance du soja et les paramètres de la santé du sol sélectionnés. *Agronomy Journal*. 114;1627-1641.
- Amgoud H., 2015. Influence de 2 fongicides sur la germination, la croissance et la teneur en proline de quelques variétés de blé. Mémoire de Magister en Ecologie végétale appliquée et gestion de l'environnement. Université MOULOUD MAMMERI de TIZI – OUZOU. Faculté de Sciences biologiques. 107p
- Argaw A, 2012. Evaluation d'efficacité symbiotique et ampleur de *Rhizobium leguminosarum* var. *viciae* nodulant le lentille (*Lens culinaris medic*) dans quelques sols éthiopiens. *International Journal of Agronomy and Agricultural Research*, 2(4):18-31.
- Deaker R., Hartley G., Gemell G., Herridge D. F., Karanja N., 2016. Production d'inoculants et contrôle de qualité, In: Howieson JG, Dilworth MJ (Eds.). (2016). Travail avec les rhizobia. *Australian Centre for International Agricultural Research*: Canberra, pp. 167-188.
- Drew E., Herridge D., Ballard R., O'Hara G., Deaker R., Denton M., Yates R., Gemmell G., Hartley E., Phillips L., Seymour N., Howieson J., Ballard N., 2014. Inoculation des Légumineuses: Un guide pratique. *Grain Research and Development Corporation* (GRDC). Kingston, Australie, 72p
- Fall D, 2016. Contribution à l'amélioration de tolérance au sel de *Senegalia senegal* (L.) Britton, *Vachellia seyal* (Delile) P. Huter et *Prosopis juliflora* (Swartz) DC par l'inoculation microbienne et l'application des coques d'arachide. Thèse de Doctorat Ph.D, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Senegal, 175p.

- Ganava JW, Doloum G, Ngo N L, Takoukam T S and Ngakou A. 2020. Differential traits of rhizobia associated to root-nodules of gum acacia (*Senegalia senegal*), Shittah tree (*Vachellia seyal*), pigeon pea (*Cajanus cajan*) and cowpea (*Vigna unguiculata*). *Journal of Microbiology Research*. Vol. 14(9): 497-506.
- Kumar R., Dash D., Gupta S. B., Soni R., Singh A. K., 2017. Effects d'inoculation de *Rhizobium* et Bacteries Solubilisant le Phosphore sur la Croissance et la Nodulation de *Vachellia nilotica*. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci*, 6(10): 2444-2453.
- N'gbesso M De P, N'guetta A S P, Kouamé N C, Foua Bi K, 2010. Evaluation de l'efficience de l'inoculation des semences chez 11 génotypes de soja (*Glycine max* L. Merrill) en zone de savane de Côte d'Ivoire. *Sciences & Nature*, 7(1) :59-67.
- Ngakou A, Nwaga D, Nebane CLN, Ntonifor NN, Tamo M, Parh AI, 2007. Contribution de Champignons mycorrhiziens, Rhizobia et *Metarhizium anisoplae* à la Production du Niébé au Cameroun. *Journal of Plant Sciences*, (5): 518-529.
- Ngakou A, Megueni C, Ousseni H, Massai A, 2009. Etude sur l'isolement et la caractérisation de souches de *Rhizobium* comme outil biofertilisants pour l'amélioration de croissance de quatre légumineuses graine à Ngaoundéré-Cameroun. *Int.J. Biol. Sci*, 3(5): 1078-1089.
- Ngakou A., Ngo Nkot L., Adamou S., 2012. Double symbiose Mycorrhize-*Rhizobium-Vigna subterranea*: Impact symbiotes microbiens pour la croissance et l'amélioration durable de rendement. *Int. J. Agric. Biol*, 14:915-921.
- Voisin A. S., Cellier P., Jeuffoy M. H., 2015. Fonctionnement de symbiose fixatrice de N₂ des légumineuses à graines: Impacts agronomique et environnementaux. *Innovations Agronomiques*, 43 : 139-160.



©2023 by the Authors. This Article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)