

# Université Assane Seck de Ziguinchor



## UFR Sciences et Technologies

\*\*\*\*\*

## Département d'Agroforesterie

### Mémoire de Master

**Spécialité :** Aménagement et Gestion Durable des Ecosystèmes  
Forestiers et Agroforestiers (AGDEFA)

### Sujet :

**Effets de l'inoculation avec *Bradyrhizobium* sur la croissance du Soja (*Glycine max* (L.) Merr), du Niébé (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) et de l'Arachide (*Arachis hypogaea* L.)**

Présenté par :

**M. Joseph Ngor NDOUR**

Sous la direction du **Pr Mohamed Mahamoud CHARAHABIL**, Maître de conférences UFR-ST/ UASZ

Encadrant : **Dr Djibril SARR**, Maître -Assistant UFR-ST/ UASZ

Soutenu publiquement le 04 Mai 2021

#### Composition du JURY :

**Président :** Dr Siré DIEDHIOU Maître de conférences UFR-ST/ UASZ

**Membres :** Dr Djibril SARR, Maître-Assistant UFR-ST/ UASZ

Dr Ismaïla COLY, Maître-Assistant UFR-ST/ UASZ

Dr Boubacar CAMARA, Assistant, UFR-ST/ UASZ

**Année universitaire : 2019-2020**

## DEDICACES

*J*e dédie ce travail à Daba SARR

*La femme qui m'a donné tendresse, espoir et amour, ma Mère qui m'a soutenu et encouragé durant ces années d'étude. Je ne s'aurai te remercier assez.*

*A mon support, mon guide et mon pilier Modou NDOUR, mon Père qui n'a ménagé aucun effort pour mes études.*

*A ma deuxième Maman Mireille NTAB (nawothi), qui m'a accueilli comme son fils et m'a chouchouté au point de susciter la jalousie de ses filles, je veux nommer Axelle, Aimé et particulièrement ma partenaire, ma complice, ma conseillère..., Pauline Madeline Dama Mancabo (kamala). Je l'appelle affectueusement Da.*

*A mon frère Henri Samba Ndour et à mes sœurs : Félicité, Elisabeth, Cécile et Aimé Ndour ainsi qu'à leurs enfants et époux pour le soutien inconditionnel et les encouragements.*

*A mes frères : Jean Claude Faye, Ndiaga Diouf, Pascal Mbar Diouf, Sidi lamine Fall, Liz Arc-ange Ndéye, Michel Urbain Dione et Faria Germain Samba Diémé.*

*A mon défunt et très cher ami Joel Célestin Philipe Ayhii, qui était et qui reste pour moi un modèle de Vie et d'Excellence. Repose en Paix grand.*

## **REMERCIEMENTS**

Mes remerciements vont à l'endroit de mon encadrant Dr. Djibril SARR, pour la disponibilité, le soutien, les encouragements, la rigueur et surtout la confiance.

Je remercie les membres du jury qui ont bien voulu consacrer un peu de leur temps pour évaluer ce travail.

Toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à l'achèvement de ce stage et à la réalisation de ce mémoire.

Je remercie tout particulièrement Dr Ousmane Ndiaye chef du département d'Agroforesterie et à travers sa personne l'ensemble du corps professoral du département d'Agroforesterie.

Mes remerciements vont également à toute la 8<sup>e</sup> promotion pour ces années passées ensemble.

## **TABLE DES MATIERES**

<b>DEDICACES.....</b>	<b>i</b>
<b>REMERCIEMENTS.....</b>	<b>ii</b>
<b>TABLE DES MATIERES.....</b>	<b>iii</b>
<b>LISTE DES FIGURES.....</b>	<b>iv</b>
<b>LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS.....</b>	<b>vi</b>
<b>RESUME.....</b>	<b>vii</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>viii</b>
<b>Introduction.....</b>	<b>1</b>
<b>Chapitre I : Synthèse bibliographique.....</b>	<b>2</b>
<b>1. La symbiose fixatrice d'azote.....</b>	<b>2</b>
1.1. Les micro-organismes symbiotiques.....	2
1.2. Etablissement de la symbiose et nodulation.....	2
1.3. La fixation symbiotique de l'azote.....	3
<b>2. Facteurs influençant la formation des nodules.....</b>	<b>3</b>
2.1. La bactérie.....	3
2.2. Les facteurs édaphiques.....	3
2.3. La température et la durée de conservation de l'inoculum.....	3
2.4. Le support.....	4
<b>4. Production d'inoculum.....</b>	<b>4</b>
4.1. Sélection et culture de la bactérie.....	4
4.2. Le choix du support.....	4
<b>5. Méthodes d'inoculation.....</b>	<b>5</b>
<b>Chapitre II : Matériel et Méthodes.....</b>	<b>6</b>
<b>1. Site expérimental.....</b>	<b>6</b>
<b>2. Matériel végétal.....</b>	<b>6</b>
<b>3. Inoculum utilisé.....</b>	<b>7</b>
<b>4. Dispositif expérimental.....</b>	<b>7</b>
<b>5. Conduite de la culture.....</b>	<b>8</b>
5.1. Préparation du sol.....	8
5.2. Préparation de la solution d'inoculum.....	8
5.3. L'inoculation.....	8
5.4. Semis.....	9
<b>6. Observations et mesures.....</b>	<b>9</b>
6.11. Traitement et analyse des données.....	10
<b>Chapitre III : Résultats et Discussion.....</b>	<b>11</b>
<b>1. Résultats.....</b>	<b>11</b>

1.1 Nombre de graines levées.....	11
1.2. Taille moyenne des plantes.....	12
1.4. Nombre de branches par plante.....	14
1.5. Le nombre de nodules par plante.....	15
1.6. Poids total de la matière sèche aérienne.....	16
1.7. Poids total des gousses par plante.....	17
1.8. Poids de 10 gousses par plante.....	18
1.9. Poids des 100 graines.....	19
<b>2. Discussion.....</b>	<b>20</b>
<b>CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS.....</b>	<b>22</b>
<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....</b>	<b>23</b>

## **LISTE DES FIGURES**

Figure 1: Carte de localisation de la commune de Notto.....	7
Figure 2:Schéma du dispositif expérimental.....	8

Figure 4: Champ labouré et délimité avec des cordons.....	9
Figure 5: Solution d'inoculum.....	9
Figure 6: Graines inoculées de soja (a), d'arachide (b) et de niébé (c).....	10
Figure 7: Le semis.....	10
Figure 8: Le nombre de graines levées en fonction des traitements.....	12
Figure 9: Taille moyenne des plantes en fonction des traitements.....	13
Figure 10: La largeur au collet en fonction des traitements.....	14
Figure 11: Le nombre de branches par plante en fonction des traitements.....	15
Figure 12: Nombre de nodules par plante en fonction des traitements.....	16
Figure 13: Le poids total de la matière sèche aérienne en fonction des traitements.....	17
Figure 14: Le poids total des gousses en fonction des traitements.....	18
Figure 15: Le poids de 10 gousses en fonction des traitements.....	19
Figure 16: Le poids des 100 graines en fonction des traitements.....	20

## **LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS**

ATN : Anomalies du Tube Neural

ACV : Analyses de Cycle de Vie

ANOVA : Analyse De Variance

ART : Agroscope reckholz- Tanikon recherche publique Suisse

CAI : Touba Complexe Agroindustrielle de Touba

CIRAD : Centre de Coopération Industriel de Recherches Agricoles pour le Développement

FAO : Organisation des Nation Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture

GES : Gaz à Effet de Serre

ISRA : Institut Sénégalaise de Recherches Agricoles

JAS : Jour Après Semi

NOVASEN : Société Nouvelle des Arachides du Sénégal

SONACOS : Société Nationale de Commercialisation des Oléagineux du Sénégal

## RESUME

Les légumineuses ont la capacité d'utiliser l'azote atmosphérique grâce à une association symbiotique avec des bactéries. Ce qui constitue une économie dans les quantités utilisées d'engrais chimiques dont les coûts financiers et environnementaux sont énormes. Cette étude a pour objectif de déterminer l'effet de l'inoculation bactérienne avec *Bradyrhizobium* sur la croissance du soja (*Glycine max* (L.) Merr), du niébé (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) et de l'arachide (*Arachis hypogaea* L.). L'inoculation des graines a été effectuée avec les souches de bradyrhizobium : *Bradyrhizobium japonicum* pour le soja, *Bradyrhizobium sp* pour le niébé et *Bradyrhizobium elkanii* pour l'arachide. Les traitements sont au nombre de deux : le témoin non-inoculé (T0) et le traitement inoculé (T1). Un dispositif en blocs de Fisher avec 3 répétitions a été adopté. Le nombre de graines germées, la taille des plantes, la largeur au collet, le nombre de nodules par plante, le poids total de la matière sèche aérienne, le rendement en gousses et le poids de 100 graines ont été mesurés. Les données obtenues ont été soumises à test t de Student au seuil de signification de 5%. Les résultats obtenus ont montré un effet inhibiteur de l'inoculum très hautement significatif sur la germination des graines des trois espèces ( $P < 0,001$ ). Chez le niébé le taux de germination est de 8% pour les parcelles inoculées contre 68% pour le témoin, chez l'arachide il est de 19% pour les parcelles inoculées contre 72% pour le témoin et enfin chez le soja, de 20% pour les parcelles inoculées contre 48% pour le témoin. Concernant le nombre de nodules par plante, il existe chez le soja et l'arachide une différence significative ( $P = 0,001$ ) entre les parcelles inoculées (14,5 nodules/plante pour le soja et 47,3 nodules/plante pour l'arachide) et les parcelles témoins (0,7 nodule/plante pour le soja et 36,4 nodules/plante pour l'arachide). Par contre avec le niébé aussi bien les plantes des parcelles témoins que celles inoculées sont dépourvues de nodules et ne montrent par conséquent aucune différence. Les parcelles de niébé, d'arachide et de soja inoculées ont produit plus de biomasse que les parcelles non-inoculées ( $P = 0,02$ ). Pour l'arachide, les parcelles non inoculées ont produit 31,25% plus de biomasse que les parcelles inoculées. Avec le soja et le niébé, les parcelles inoculées ont produit respectivement 46,73% et 13,19% plus de biomasse que celles non inoculées. Concernant les paramètres de croissance et du rendement, l'inoculation n'a pas eu d'effet significatif ( $P = 0,15$ ). Il ressort de cette étude que l'inoculation a eu un effet inhibiteur sur la germination de toutes les trois espèces étudiées et un impact positif sur les paramètres de croissance et de nodulation du soja et l'arachide.



Mots clés : Arachide, Niébé, Soja, Inoculum, *Bradyrhizobium*

## ABSTRACT

Legumes have the ability to use atmospheric nitrogen through a symbiotic association with bacteria. This saves money in the quantities used for chemical fertilizers with enormous financial and environmental costs. The objective of this study is to determine the effect of bacterial inoculation with *Bradyrhizobium* on the growth of soybeans (*Glycine max* (L.) Merr), cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) and peanuts (*Arachis hypogaea* L.). Seed inoculation was performed with *Bradyrhizobium japonicum* strains for soybeans, *Bradyrhizobium sp* for cowpea and *Bradyrhizobium elkanii* for peanuts. There are two treatments: the non-inoculated control (T0) and the inoculated treatment (T1). A Fisher block device with 3 repetitions has been adopted. The number of sprouted seeds, plant size, collar width, number of nodules per plant, total weight of aerial dry matter, pod yield and weight of 100 seeds were measured. The data obtained were tested t by Student at the 5% meaning threshold. The results showed a highly significant inoculum inhibitory effect on seed germination of the three species ( $P < 0.001$ ). In cowpea this rate is 8% for inoculated plots against 68% for the control, in peanuts this rate is 19% for inoculated plots against 72% for the control and finally in soybeans the rate is 20% for inoculated plots against 48% for the control. Regarding the number of nodules per plant, there is a significant difference in soybeans and peanuts ( $P = 0.001$ ) between inoculated plots (14.5 nodules/plant for soybeans and 47.3 nodules/plant for peanuts) and control plots (0.7 nodule/plant for soybeans and 36.4 nodules/plant for peanuts). On the other hand, with cowpea the plants of the control plots as well as those inoculated are devoid of nodules and therefore show no difference. Inoculated cowpea, peanut and soybean plots produced more biomass than non-inoculated plots ( $P=0.02$ ). For peanuts, the uninoculated plots produced 31.25% more biomass than the inoculated plots. With soybean and cowpea, the inoculated plots produced 46.73% and 13.19% more biomass, respectively, than those not inoculated. Regarding growth and yield parameters, inoculation had no significant effect ( $P = 0.15$ ). This study found that inoculation had an inhibitory effect on germination of all three species studied and a positive impact on the growth and nodulation parameters of soybeans and peanuts.

Keywords : Peanut, Cow, Soy, Inoculum, *Bradyrhizobium*



## Introduction

Les systèmes de production alimentaire du monde sont confrontés à d'immenses difficultés. La dégradation des terres, les pressions liées à l'occupation des sols et le changement climatique nuisent à des millions d'agriculteurs des pays en développement qui doivent lutter pour nourrir leurs familles (Mpunga et *al.*, 2016).

En effet, plusieurs pays continuent à faire face à une faible productivité agricole en Afrique. Le système traditionnel de gestion des terres qui consiste en une alternance de cultures sur une courte période (3 à 5 ans) et une mise en jachère, sur une période plus longue d'au moins dix ans n'est plus pratiqué (Ama-Abina et *al.*, 2013). Dans de telles conditions, la fertilité des sols continue de baisser (Savadogo, 2018). Pour faire face à cette situation les producteurs adoptent comme stratégie l'utilisation d'engrais chimiques qui ont l'inconvénient, d'avoir un coût économique et environnemental qui met en question la durabilité de cette stratégie.

C'est dans ce contexte que se pose la nécessité de développer des techniques de gestion intégrée de la fertilité des sols plus rentables et moins coûteuses. Au nombre de ces techniques, il existe la bio-fertilisation avec les bactéries ou inoculation qui consiste à valoriser les microorganismes du sol que sont les *Rhizobium* et *Bradyrhizobium*. La bio-fertilisation serait une alternative plus accessible, moins coûteuse pour les petits producteurs et permettrait d'augmenter la production, tout en sauvegardant l'environnement par la réduction de l'utilisation prolongée des engrais chimiques (Bado, 2002).

Les *Rhizobium* sont des bactéries capables de fixer l'azote atmosphérique en association avec des légumineuses hôtes (Loynachan, 2005) comme l'arachide, le soja et le niébé. Les microorganismes symbiotiques sont naturellement présents dans les sols mais la symbiose peut être limitée par leur nombre ou leur spécificité. Un apport en masse (technologie de l'inoculation) de microorganismes symbiotiques sous forme d'inoculum au niveau des plantes permet d'améliorer la croissance des cultures en les aidant à s'approvisionner en éléments nutritifs (Wade, 2012).

C'est dans cette logique que s'inscrit cette étude qui a pour objectif général de contribuer à l'amélioration de la gestion de la fertilité des terres et comme objectif spécifique de comparer l'effet de l'inoculation avec des bactéries symbiotiques sur la croissance de trois espèces de légumineuses (Soja, arachide et niébé). Le présent mémoire est composé de trois chapitres. Le



premier chapitre présente la synthèse bibliographique, le second décrit le matériel et les méthodes utilisés et enfin le troisième présente les résultats et leur discussion.

## Chapitre I : Synthèse bibliographique

### 1. La symbiose fixatrice d'azote

La plupart des plantes de légumineuses sont capables d'entrer dans une relation symbiotique avec les bactéries du sol fixatrices d'azote communément appelées Rhizobia. Cette interaction conduit à la formation de nouveaux organes racinaires appelés nodules dans lesquels les bactéries sont logées. La symbiose offre à la plante hôte un énorme avantage concurrentiel par rapport à d'autres espèces végétales qui sont incapables d'acquérir de l'azote de cette façon. La bactérie bénéficie également de la capacité d'accéder à la nourriture sous forme de glucides fournis par la légumineuse. Le processus de formation des nodules nécessite un certain nombre d'interactions de signalisation très spécifiques entre la plante et les partenaires bactériens (Ferguson, 2017).

#### 1.1. Les micro-organismes symbiotiques

Les micro-organismes symbiotiques sont des bactéries capables de fixer l'azote atmosphérique en association avec des légumineuses hôtes (Loynachan., 2003). Les *Bradyrhizobium* (classe de l'Alphaproteobacteria, ordre des *Rhizobiales*) sont des bactéries gram négatives fixatrices d'azote qui se produisent soit sous forme de bactéries du sol vivant librement, soit en interaction avec les racines des plantes légumineuses. La cohabitation conduit au développement de nodules (Beeckmans et *al.*, 2015).

#### 1.2. Etablissement de la symbiose et nodulation

En présence de la bactérie, la plante émet des signaux par la production de flavonoïdes qui stimulent la sécrétion des facteurs Nod par les rhizobiums. Ces facteurs Nod sont captés par les récepteurs végétaux des facteurs Nod (Indrasumunar & Gresshoff, 2010), ce qui déclenche la courbure des poils absorbants et la formation du cordon d'infection. De plus, la synthèse de cytokinines induit la division mitotique des cellules corticales et la formation des nodules dans le cortex des racines (Ariel et *al.*, 2012). Notons que l'infectivité symbiotique, définie comme l'efficacité d'infection des rhizobiums, est variable (Karaboneye, 2013).



### 1.3. La fixation symbiotique de l'azote

Dans les nodules, les bactéries prolifèrent et se différencient en bactéroïdes qui, par leur enzyme nitrogénase, réduisent l'azote atmosphérique en ammoniac ( $\text{NH}_3$ ). Ce dernier est ensuite transformé en ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) dans le symbiosome, puis l'ammonium passe dans le cytosol sous l'effet d'un transporteur actionné par un gradient électrochimique. Dans le cytosol, l'ammonium est assimilé par les enzymes GS/GOGAT pour former les amides ou uréides qui sont transportés dans les parties aériennes de la plante. La fixation d'azote est bénéfique à la plante hôte, car elle fournit l'azote dont la plante a besoin pour sa croissance et son développement (Kiers et *al.*, 2003). De leur côté, les bactéroïdes reçoivent de la plante le carbone sous forme de malate comme source d'énergie (Karaboneye, 2013).

## 2. Facteurs influençant la formation des nodules

### 2.1. La bactérie

L'inoculation peut être vouée à l'échec pour plusieurs raisons. La mort des bactéries (par exemple à la suite d'une exposition au soleil de l'inoculum), l'incompatibilité de la souche de bactérie avec la plante-hôte considérée, et la faible compétitivité de la souche microbienne, qui est incapable de s'imposer auprès des autres composants de la microflore (Brunck et *al.*, 1990).

### 2.2. Les facteurs édaphiques

De nombreuses caractéristiques édaphiques peuvent jouer le rôle de facteurs limitants (Maougal, 2004). Ce sont, en particulier, l'acidité ou l'alcalinité excessives, une ou plusieurs déficiences en éléments ou oligo-éléments et un excès d'azote combiné. Des propriétés physiques défectueuses (engorgement, aridité etc.), la toxicité (salinité, toxicité manganique, toxicité aluminique etc.), la présence de bactéries natives compétitives, la présence dans le sol de micro-organismes antagonistes des Bradyrhizobia et la présence dans le sol de micro-organismes pathogènes des racines (champignons, nématodes notamment) (Brunck et *al.*, 1990) peuvent empêcher la nodulation.

### 2.3. La température et la durée de conservation de l'inoculum

La température et la durée de conservation ont un impact sur la qualité de l'inoculum. Il existe une grande différence entre la conservation à 4°C et celle à 25°C (Maougal, 2004). En effet, on note que les produits conservés à 4°C contiennent un nombre plus important



de cellules vivantes que ceux conservé à 25°C. La durée de conservation, elle aussi, influe négativement sur le nombre de bactéries viables (Maougal, 2004).

#### 2.4. Le support

Le terme de support ou substrat est utilisé pour tout milieu où les microorganismes peuvent croître (Maougal, 2004). Le choix du substrat peut avoir un effet considérable sur la qualité de l'inoculum (Graham-Weiss et *al.*, 1987).

### 4. Production d'inoculum

#### 4.1. Sélection et culture de la bactérie

La première étape de la production d'inoculum est d'obtenir une bactérie pour la ou les légumineuses à inoculer. Les critères de sélection de la bactérie sont entre autres : la bactérie doit être apte à fixer l'azote dans le nodule de la légumineuse pour laquelle l'inoculum est recommandé. Elle doit être très compétitive, c'est à dire, qu'en présence d'autres bactéries, elle doit être très apte à former des nodules sur le système racinaire. Elle doit être résistante aux stress ( ph, température, salinité...) et présenter un taux de survie très élevé dans le sol (Hungria et *al.*, 2005).

Pour la production en masse un fermenteur est utilisé. Une préculture dans un erlenmeyer est nécessaire avant l'utilisation du fermenteur. La préculture est ensuite transvasée dans le fermenteur à une proportion de 10%. La culture est aérée par un courant d'air stérile et la température de croissance est comprise entre 25 et 32°C(Gueye, 1989).

#### 4.2. Le choix du support

Un bon support d'inoculum doit avoir un pouvoir absorbant très élevé, être non toxique aux bactéries, être facilement stérilisable, disponible en grande quantité, peu coûteux et pouvant adhérer très facilement aux graines. Il y a plusieurs types de supports : tourbe, boue filtrée, argile, lignite, vermiculite et certains polymères comme l'alginate. Cependant, la tourbe reste le support le plus utilisé (Hungria et *al.*, 2005).

##### 4.2.1 La tourbe

De la plupart des formes d'inoculum disponibles, celle de la tourbe est la forme la plus populaire : elle n'est pas difficile à obtenir et à produire et elle maintient une grande concentration de bactéries viables (Graham-Weiss et *al.*, 1987). Après prélèvement et séchage au soleil, la tourbe est neutralisée par addition de chaux vive dont la quantité varie en fonction de l'acidité de la tourbe prélevée. Ensuite la tourbe est finement broyée,



puis autoclavée à 120°C pendant 2h et répartie en sachets de 100, 200 et 300g. A partir du fermenteur, un volume adéquat de suspension de bactérie est alors introduit dans chaque sachet. Après cette opération, de petits trous d'aération sont aménagés sur les sachets avec une aiguille. Les sachets sont ensuite laissés à la température ambiante pendant 7 jours. Ils sont ensuite récupérés et conservés à 4°C jusqu'à utilisation(Gueye, 1989).

#### 4.2.2 L'alginate

L'alginate est un polymère de polyacrylamide. La suspension de bactéries est mélangée à une solution d'alginate 4% (v/v). Ensuite, le mélange est versé goutte à goutte dans une solution du chlorure de calcium CaCl<sub>2</sub> 2%. Il se forme des billes d'alginate dans lesquelles les bactéries sont inclus. Les billes sont ensuite séchées sous un flux d'air de 20 à 30°C pendant 24h (Gueye, 1989).

### 5. Méthodes d'inoculation

L'inoculation est une opération qui consiste à mettre des microorganismes symbiotiques sur des semences ou sur le sol en vue de l'amélioration de la fixation biologique de l'azote chez un végétal à faible activité symbiotique ou nouvellement introduit. Le recours à cette technique est expliqué par l'absence des rhizobiums spécifiques à cette légumineuse dans le sol ou la nécessité de substituer les souches indigènes par une nouvelle souche plus efficiente (Mohamed, 2009)

Deux types d'inoculation sont pratiqués, l'application aux graines et l'application au sol. L'application de l'inoculum à la surface des graines ou enrobage avant le semis est la méthode la plus efficace car elle permet la mobilité des bactéries dans la rhizosphère quand l'inoculum est mélangé avec de l'eau. L'inoculum appliqué au sol (liquide) est placé dans le sillon au moment du semis avec de l'herbicide ou de l'insecticide. Ce type d'inoculum est plus facile à utiliser mais son coût est plus élevé (Maougal, 2004).



## Chapitre II : Matériel et Méthodes

### 1. Site expérimental

L'étude a été réalisée dans la région de Thiès, plus précisément à Sangué dans la commune de Noto-diobasse. Elle est située à 14°41'58.07'' de latitude Nord et 16°57'34.11'' de longitude Ouest (figure 4). Les précipitations moyennes annuelles y sont de l'ordre de 400 à 600 mm d'eau par an. Le sol est ferrugineux tropical à texture argilo-sableux appelés « deckdior » et la température moyenne est de 24,3°C (ANSD/SRSD, 2017).

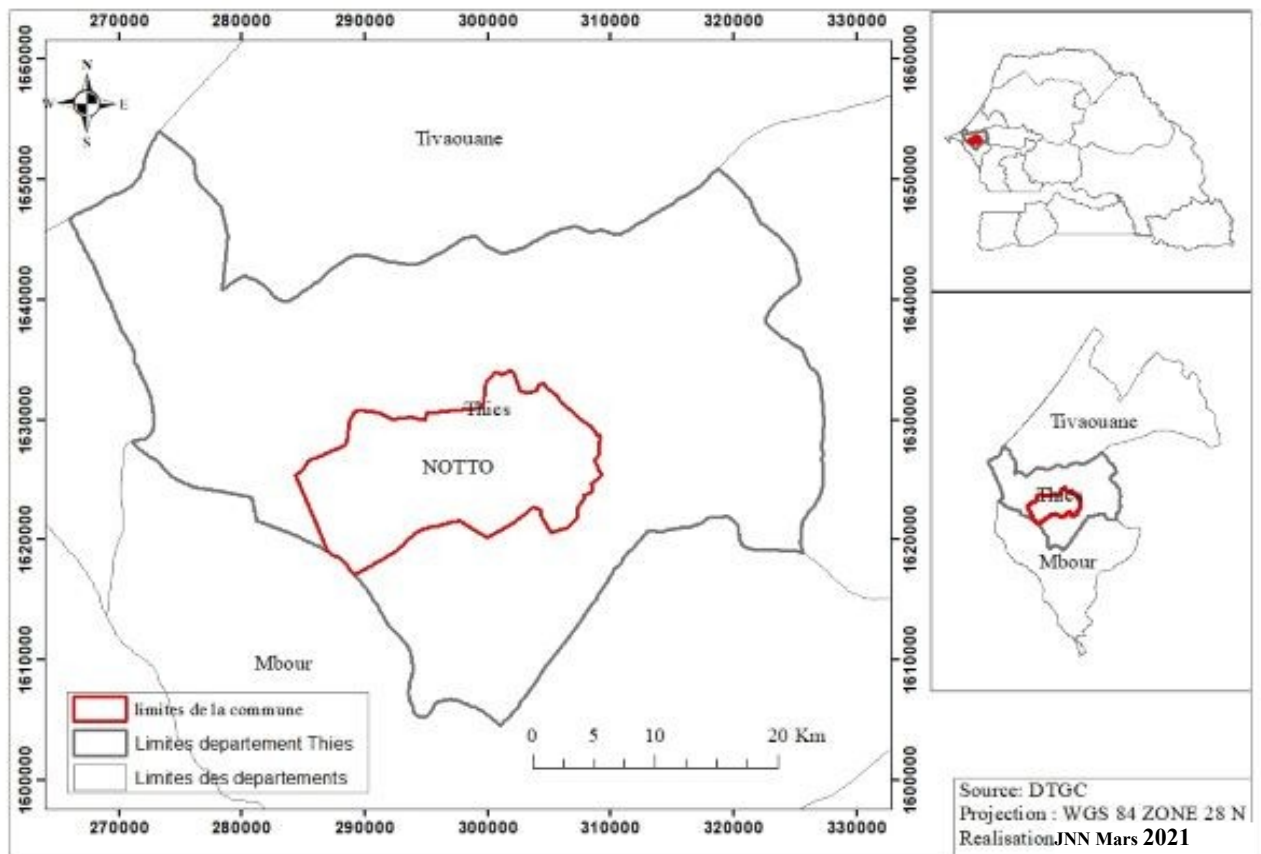


Figure 1: Carte de localisation de la commune de Noto-diobasse

### 2. Matériel végétal

Le matériel végétal est constitué des graines de la variété de soja TGM142, de la variété d'arachide GC8-35 et de la variété de niébé Mougne.





### 3. Inoculum utilisé

L'inoculation a été réalisée par la méthode d'enrobage. Trois inocula de SAFIRIX (produits au Ghana) : *Bradyrhizobium japonicum*, *Bradyrhizobium elkanii* et *Bradyrhizobium* sp ont été utilisés, respectivement pour le soja, l'arachide et le niébé.

### 4. Dispositif expérimental

L'étude est composée d'un essai constitué de deux facteurs : la légumineuse avec trois modalités (niébé, arachide et soja) et le facteur "inoculum" avec deux modalités (avec inoculum et sans inoculum).

Un dispositif en bloc aléatoire complet avec 3 répétitions a été adopté. Chaque parcelle élémentaire mesure 5 m de long et 1,8 m de large. Les parcelles élémentaires sont distantes de 1 m les unes des autres. Chaque parcelle élémentaire est composée de trois lignes de semis distantes de 0,5 m pour l'arachide, 0,6 m pour le niébé et 0,5 m pour le soja. La distance sur la ligne est de 0,15 m pour l'arachide ; 0,4 m pour le niébé et 0,1m pour le soja.

<b>Bloc 1</b>	<b>Bloc 2</b>	<b>Bloc 3</b>
Non-inoculé * Arachide	Inoculé-Soja	Inoculé * Arachide
Inoculé * Soja	Inoculé * Arachide	Non-inoculé * Soja
Non-inoculé * Soja	Non-inoculé * Soja	Inoculé * Niébé
Non-inoculé * Niébé	Inoculé * Niébé	Non-inoculé * Niébé
Inoculé * Arachide	Non-inoculé * Arachide	Non-inoculé * Arachide
Inoculé * Niébé	Non-inoculé * Niébé	Inoculé * Soja

Figure 2:Schéma du dispositif expérimental

### 5. Conduite de la culture

#### 5.1. Préparation du sol

La préparation du sol a consisté en un labour moyennement profond de plus de 20cm réalisé avec une charrue à disques. Une délimitation des blocs et des parcelles a ensuite été réalisée avec des cordeaux (Figure 3).





Figure 3: Champ labouré et délimité avec des cordeaux

## 5.2. Préparation de la solution d'inoculum

La solution d'inoculum a été préparée en dissolvant 20 g d'adhésif (sucre) dans 80 ml d'eau puis l'inoculum a été ajoutée et mélangée jusqu'à dissolution complète (Figure 4) Pour 1 kg de graines 5 g d'inoculum sont recommandés.



Figure 4: Solution d'inoculum

## 5.3. L'inoculation

L'inoculation a été réalisée en mettant les graines dans un récipient (un seau) qui peut contenir le mélange. Puis la solution d'inoculum a été versée sur les graines et agitée délicatement. Après le mélange, les graines ont été étendues sur une surface propre et laissées à sécher à l'ombre pendant 30 mn (Figure 5).



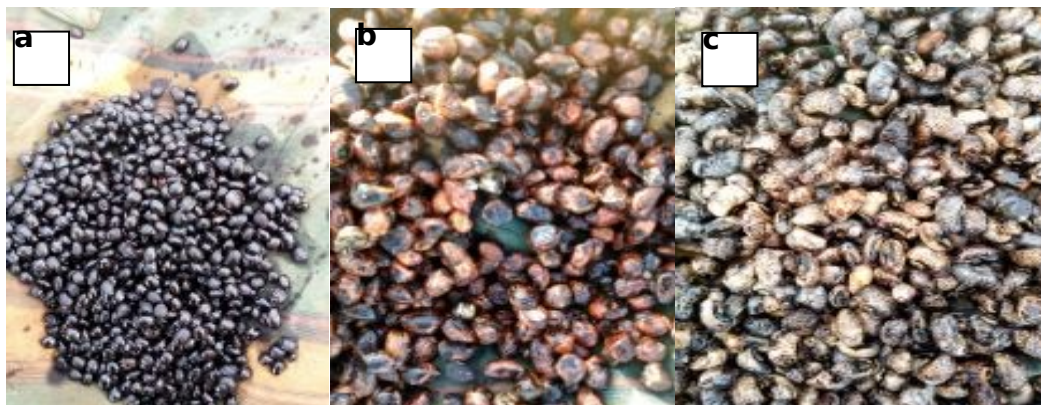


Figure 5: Graines inoculées de soja (a), d'arachide (b) et de niébé (c)

#### 5.4. Semis

Le semis a été fait à la main avec trois graines par poquet le jour même de l'inoculation. Le 10/08/20 pour le niébé et le soja et le 11/08/20 pour l'arachide (Figure 6).



Figure 6: Le semis

### 6. Observations et mesures

Dix jours après le semis, le nombre de graines levées a été dénombré pour déterminer le taux de levée. A la récolte, la longueur des plantes a été mesurée avec un ruban mètre, la largeur au collet avec un pied à coulisse. Le nombre de branches et le nombre de nodules par plante ont été aussi décomptés. Enfin, avec les plantes séchées et dépourvues de racines, la biomasse



sèche aérienne, le poids total des gousses, le poids des 10 gousses et le poids des 100 graines ont été pesés avec une balance électronique précision (0,1 g).

### 6.11. Traitement et analyse des données

Les données collectées ont été saisies avec le tableur Excel. Pour les paramètres que sont le nombre de graines levées et le nombre de nodules par plante, une ANOVA à deux facteurs ("légumineuse" et "inoculum") en utilisant le F de Fisher au seuil de 5% a été effectuée. Pour les autres paramètres le seul facteur "inoculum" a été considéré et le test t de Student au seuil de signification de 5% a été effectué. Tous les tests statistiques ont été réalisés avec le logiciel IBM SPSS version 23.

Différence significative ou l'absence de différence significative en fonction de la probabilité (P)

- Si  $P \geq 0,05$  : Il n'y a pas de différence significative,
- Si  $P < 0,05$  : Il y a une différence significative,
- Si  $P < 0,01$  : Il y a une différence hautement significative,
- Si  $P < 0,001$  : Il y a une différence très hautement significative.



## Chapitre III : Résultats et Discussion

### 1. Résultats

#### 1.1 Nombre de graines levées

La figure 8 indique pour l'arachide, le soja et le niébé le nombre de graines levées en fonction des traitements. Il existe une différence très hautement significative du nombre de graines levées entre les parcelles inoculées et non inoculées ( $P=0,001$ ). Chez le niébé le taux de germination est de 8% pour les parcelles inoculées contre 68% pour le témoin, chez l'arachide il est de 19% pour les parcelles inoculées contre 72% pour le témoin et enfin chez le soja, de 20% pour les parcelles inoculées contre 48% pour le témoin. La différence n'est cependant pas significative en fonction de l'espèce ( $P=0,77$ ).

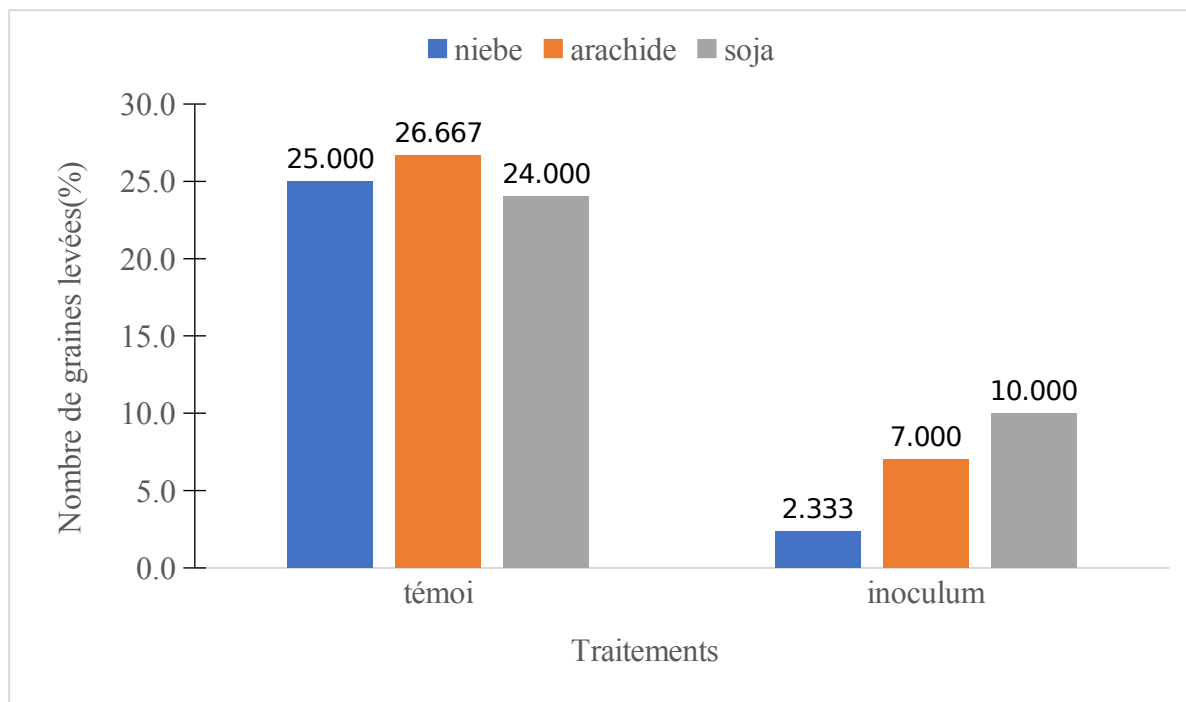


Figure 7: Le nombre de graines levées en fonction des traitements

Légende :

Les moyennes des traitements ayant la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%.

Les lettres minuscules distinguent les différents groupes pour le niébé

Les lettres en majuscule distinguent les différents groupes pour l'arachide

Les lettres en majuscule avec l'apostrophe distinguent les différents groupes pour le soja



## 1.2. Taille moyenne des plantes

La figure 9 présente pour l'arachide, le soja et le niébé la taille moyenne des plantes en fonction des traitements. Le test T de Student ne montre pas de différence significative de la taille moyenne des plantes entre les parcelles inoculées et celles non-inoculées ( $P=0,32$ ).

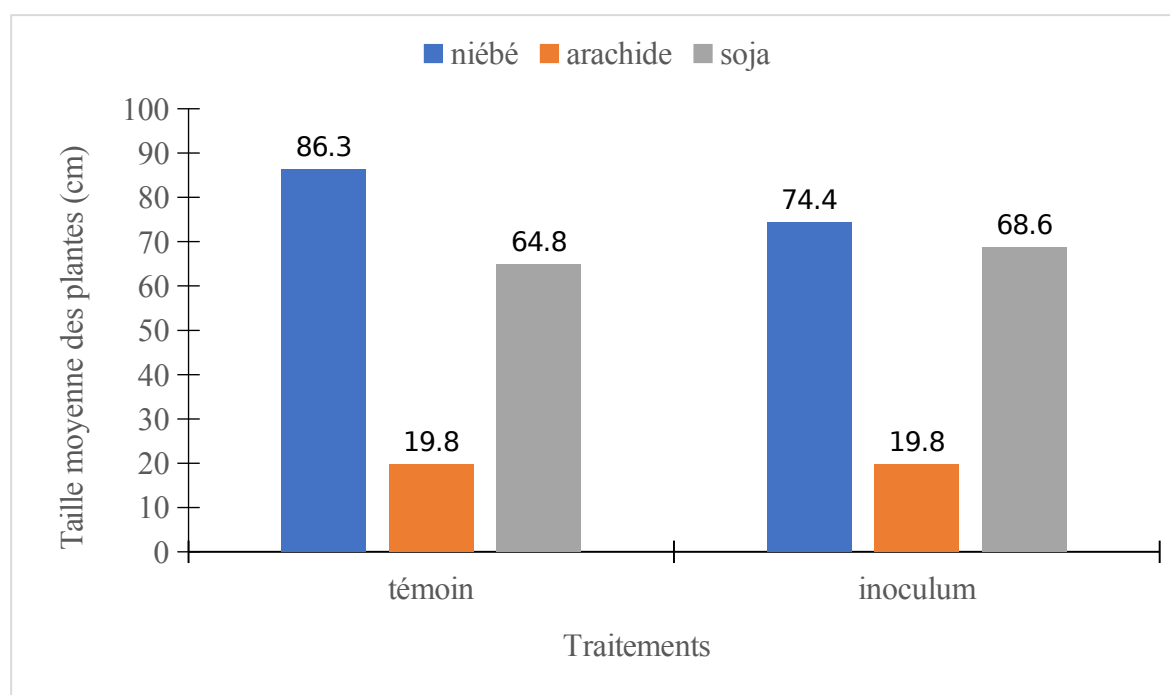


Figure 8: Taille moyenne des plantes en fonction des traitements

Légende :

Les moyennes des traitements ayant la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%.

Les lettres minuscules distinguent les différents groupes pour le niébé

Les lettres en majuscule distinguent les différents groupes pour l'arachide

Les lettres en majuscule avec l'apostrophe distinguent les différents groupes pour le soja



### 1.3. Largeur au collet

La figure 10 décrit pour le niébé, le soja et l'arachide la largeur au collet des plantes en fonction des traitements. Le test T de Student montre qu'il n'y a pas de différence significative entre les traitements ( $P=0,18$ ).

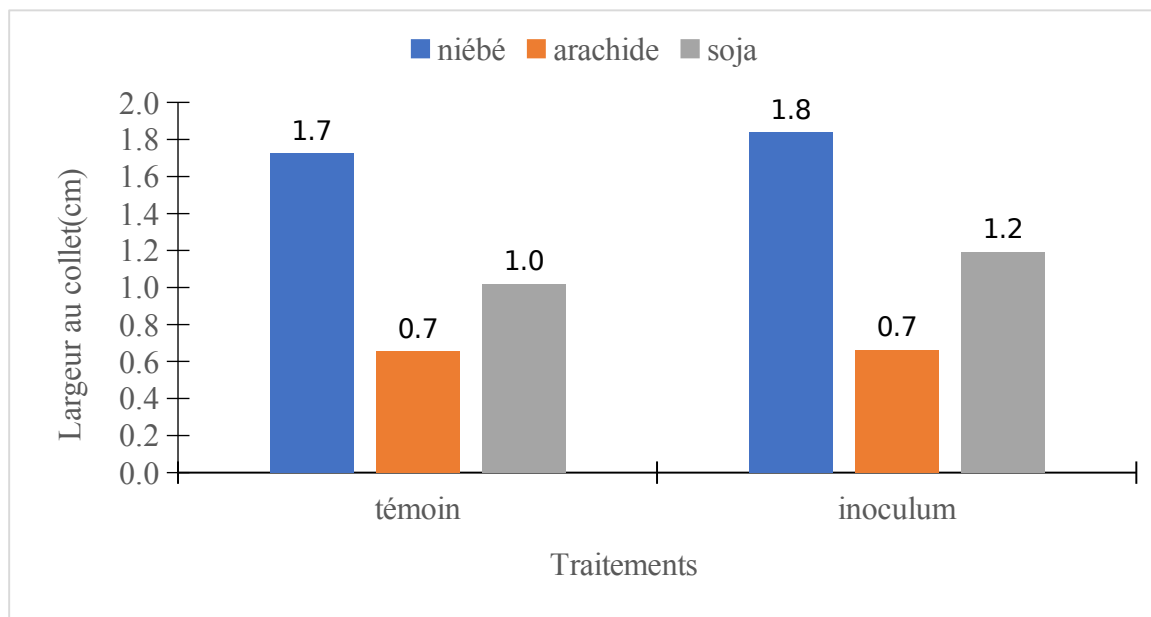


Figure 9: La largeur au collet en fonction des traitements

Légende :

Les moyennes des traitements ayant la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%.

Les lettres minuscules distinguent les différents groupes pour le niébé

Les lettres en majuscule distinguent les différents groupes pour l'arachide

Les lettres en majuscule avec l'apostrophe distinguent les différents groupes pour le soja



#### 1.4. Nombre de branches par plante

La figure 11 décrit pour le soja, l'arachide et le niébé le nombre de branches par plante en fonction des traitements. Le test T de Student ne montre pas de différence significative entre les différents traitements ( $P=0,38$ ).

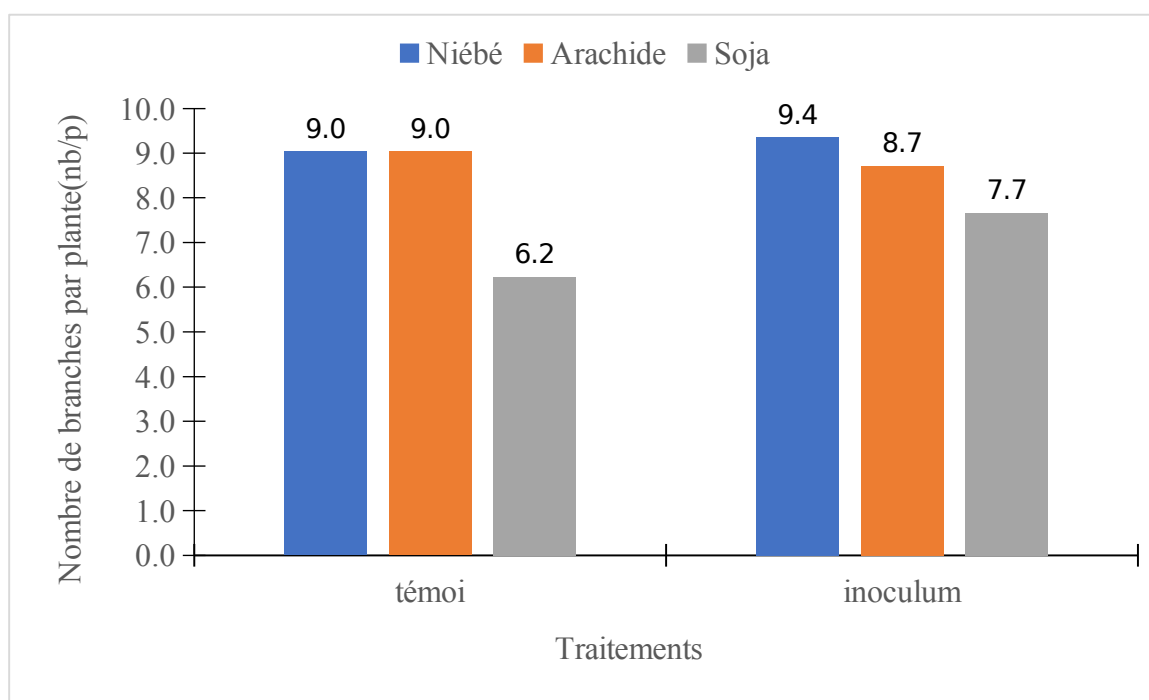


Figure 10: Le nombre de branches par plante en fonction des traitements

#### Légende :

Les moyennes des traitements ayant la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%.

Les lettres minuscules distinguent les différents groupes pour le niébé

Les lettres en majuscule distinguent les différents groupes pour l'arachide

Les lettres en majuscule avec l'apostrophe distinguent les différents groupes pour le soja





### 1.5. Le nombre de nodules par plante

La figure 12 décrit le nombre de nodules par plante pour l'Arachide et le Soja en fonction du traitement. L'analyse montre qu'il y a une différence très hautement significative du nombre de nodules en fonction de l'espèce ( $P < 0,001$ ) (figure 12A) mais pas de différence significative entre parcelles inoculée et non-inoculées ( $P=0.17$ ) (figure 12 B). Le test de comparaison multiple de Student Newman Keuls montre une différence très hautement significative entre le niébé et l'arachide ( $P < 0,001$ ) et entre l'arachide et le soja ( $P=0,001$ ) et pas de différence significative entre le soja et le niébé.

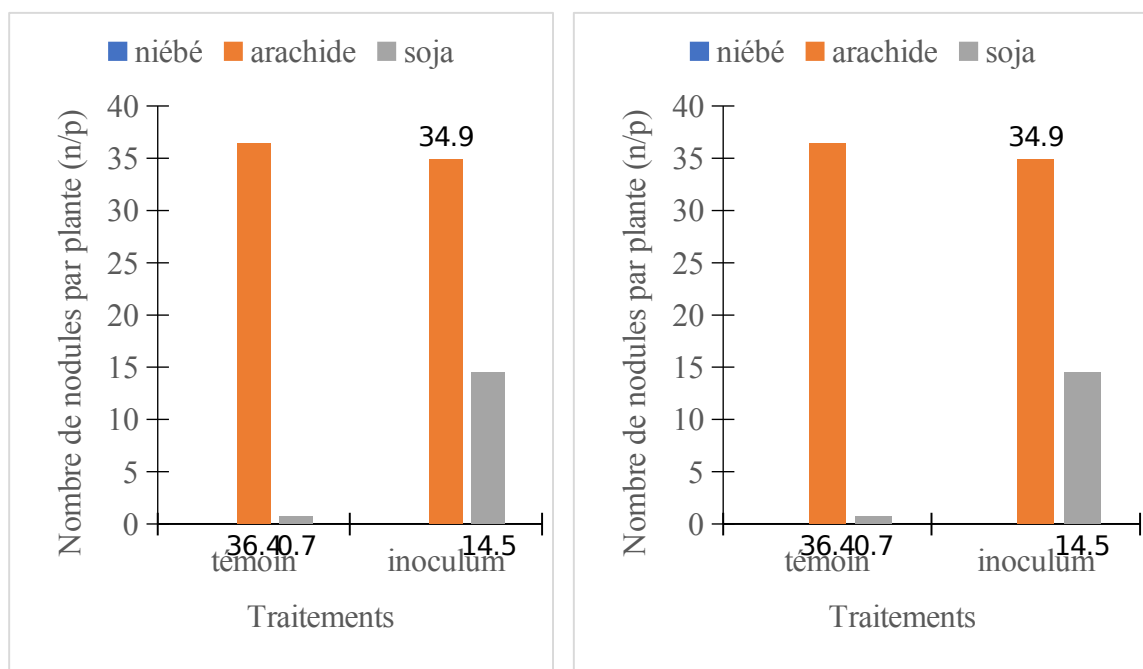


Figure 11: Nombre de nodules par plante en fonction des traitements

Légende :

Les moyennes des traitements ayant la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%.

Les lettres minuscules distinguent les différents groupes pour le niébé

Les lettres en majuscule distinguent les différents groupes pour l'arachide

Les lettres en majuscule avec l'apostrophe distinguent les différents groupes pour le soja



## 1.6. Poids total de la matière sèche aérienne

La figure 13 indique pour les trois légumineuses le poids total de la matière sèche aérienne en fonction des traitements. Le test T de Student montre qu'il y a une différence significative entre les traitements ( $P=0.02$ ). Pour l'arachide, les parcelles non inoculées ont produit 31,25% plus de biomasse que les parcelles inoculées. Avec le soja et le niébé, les parcelles inoculées ont produit respectivement 46,73% et 13,19% plus de biomasse que celles non inoculées.

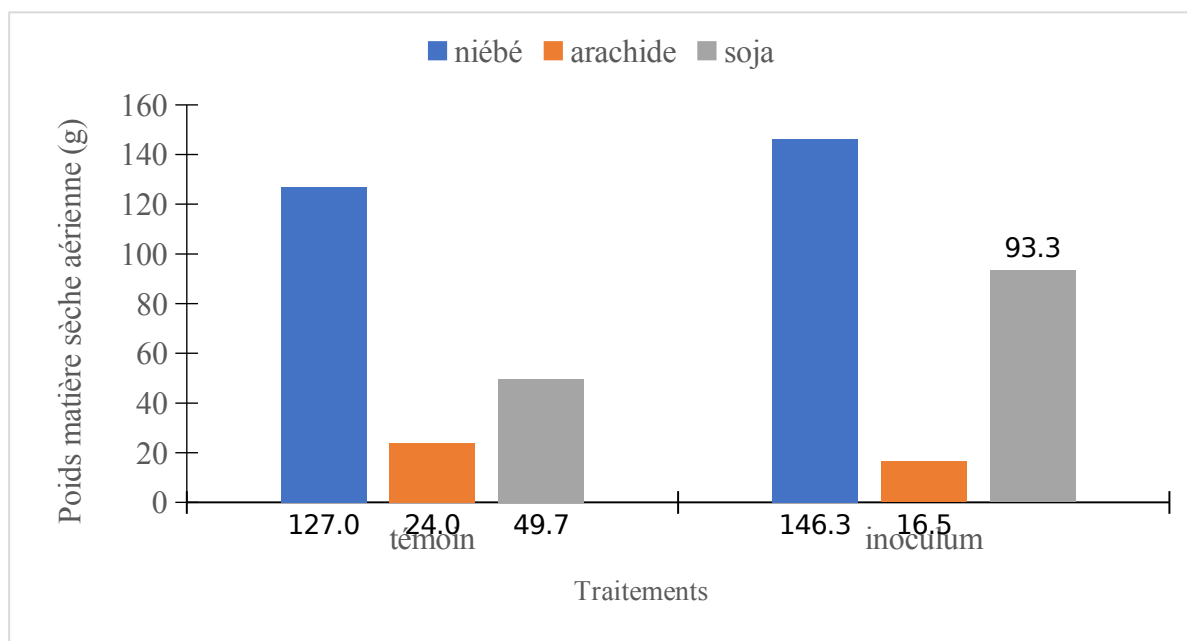


Figure 12: Le poids total de la matière sèche aérienne en fonction des traitements

### Légende :

Les moyennes des traitements ayant la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%.

Les lettres minuscules distinguent les différents groupes pour le niébé

Les lettres en majuscule distinguent les différents groupes pour l'arachide

Les lettres en majuscule avec l'apostrophe distinguent les différents groupes pour le soja



### 1.7. Poids total des gousses par plante

La figure 14 indique pour le niébé, l'arachide et le soja le poids total des gousses par plante en fonction du traitement. Le test T de Student montre qu'il n'y a pas de différence significative entre les traitements ( $P=0.73$ ).

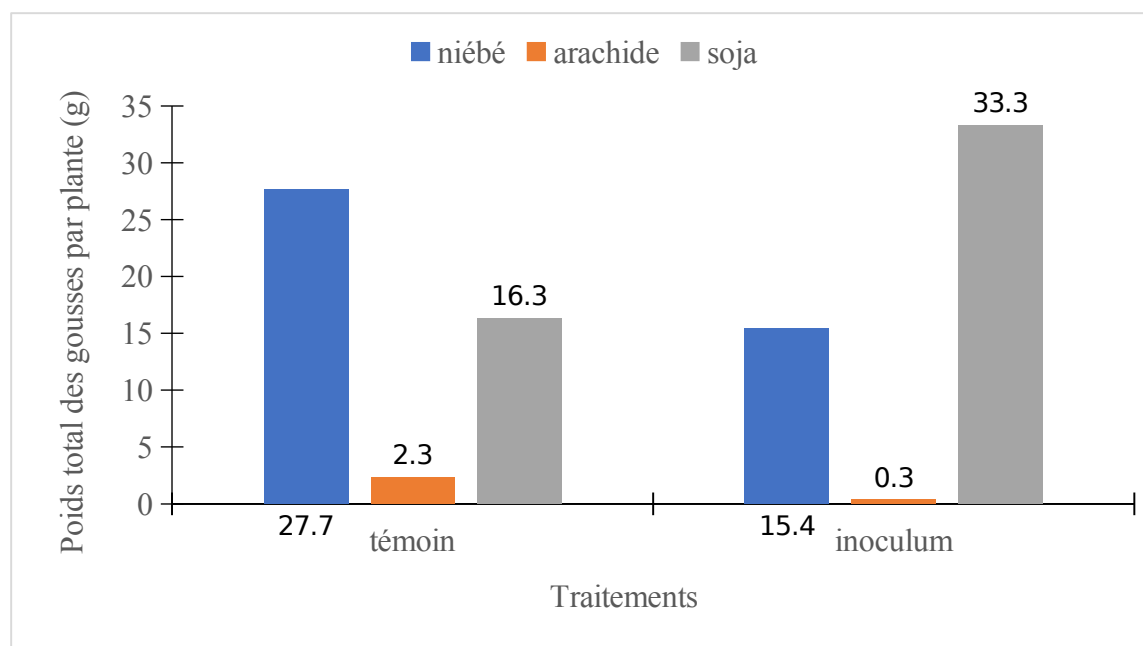


Figure 13: Le poids total des gousses en fonction des traitements

Légende :

Les moyennes des traitements ayant la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%.

Les lettres minuscules distinguent les différents groupes pour le niébé

Les lettres en majuscule distinguent les différents groupes pour l'arachide

Les lettres en majuscule avec l'apostrophe distinguent les différents groupes pour le soja



## 1.8. Poids de 10 gousses par plante

La figure 18 présente pour le niébé, l'arachide et le soja le poids de 10 gousses par plante en fonction des traitements. Le test T de Student montre qu'il n'y a pas de différence significative entre les différents traitements ( $P=0,15$ ).

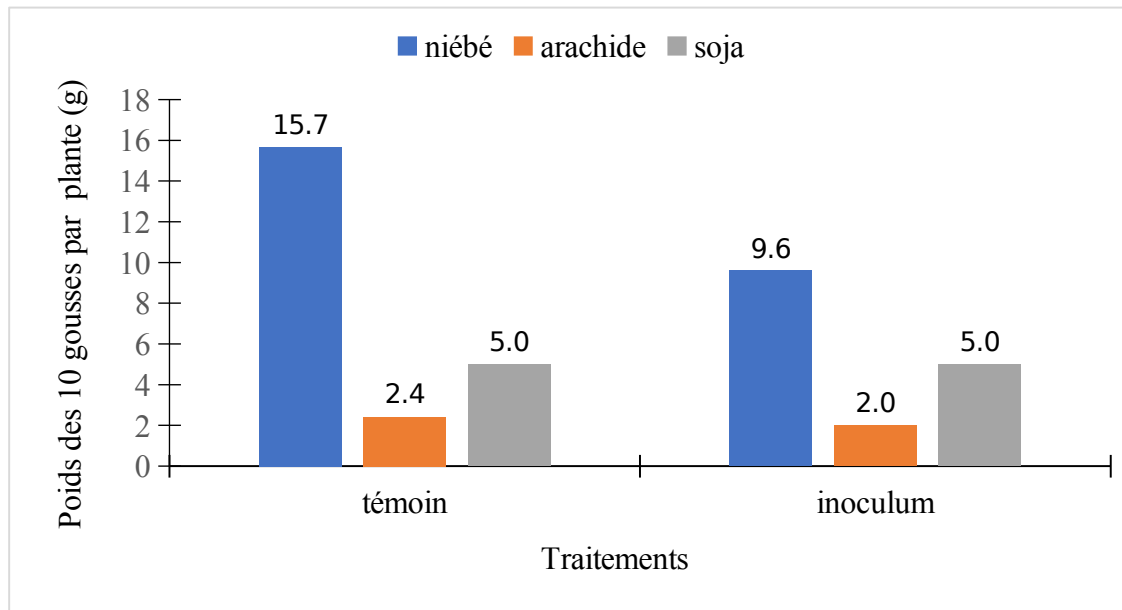


Figure 14: Le poids de 10 gousses en fonction des traitements

Légende :

Les moyennes des traitements ayant la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%.

Les lettres minuscules distinguent les différents groupes pour le niébé

Les lettres en majuscule distinguent les différents groupes pour l'arachide

Les lettres en majuscule avec l'apostrophe distinguent les différents groupes pour le soja



## 1.9. Poids des 100 graines

La figure 19 présente pour le soja, l'arachide et le niébé le poids des 100 graines en fonction des traitements. D'après le test T de Student, il n'y'a pas de différence significative entre les traitements ( $P=0,68$ ).

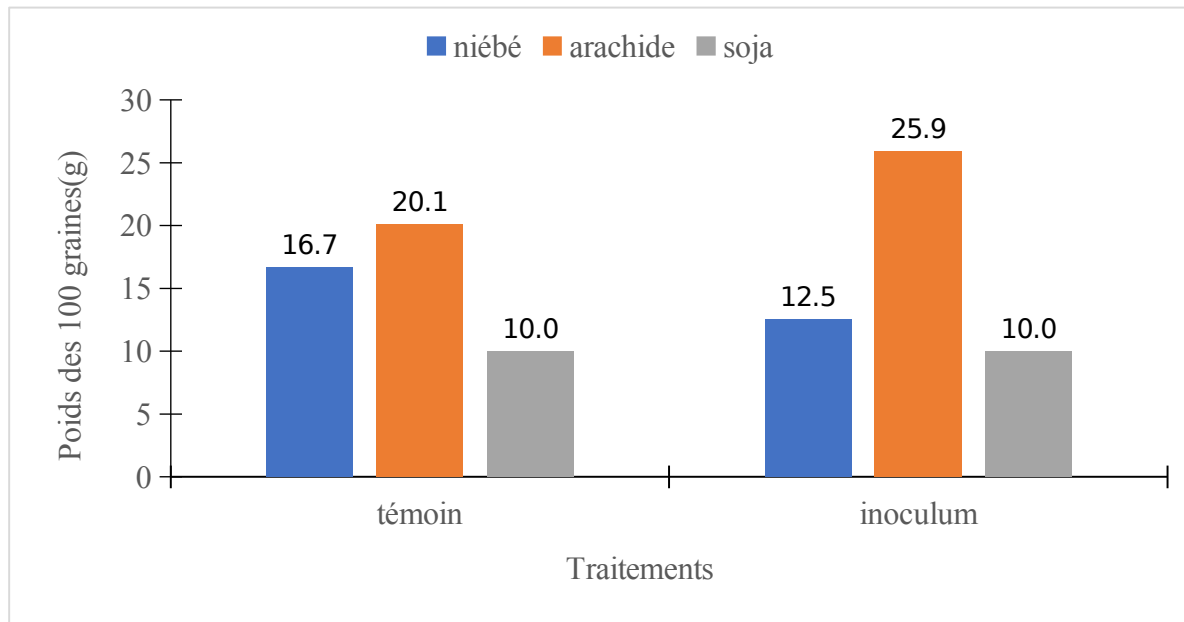


Figure 15: Le poids des 100 graines en fonction des traitements

Légende :

Les moyennes des traitements ayant la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%.

Les lettres minuscules distinguent les différents groupes pour le niébé

Les lettres en majuscule distinguent les différents groupes pour l'arachide

Les lettres en majuscule avec l'apostrophe distinguent les différents groupes pour le soja



## 2. Discussion

Cette étude a été conduite pour mettre en évidence les effets de l'inoculum sur la croissance de l'arachide, du soja et du niébé.

Les résultats obtenus avec le nombre de graines levées montrent que les plus faibles taux ont été obtenus avec les parcelles inoculées, le niébé 8% contre le témoin 68%, l'arachide 19% contre 72% et le soja 20% contre 48%. L'inoculum semble avoir ainsi un effet inhibiteur sur la germination des trois espèces. Ces résultats pourraient être dus à une contamination de la tourbe lors de la fabrication ou du stockage de l'inoculum. Ceci confirme ceux de Graham-Weiss *et al* (1987) sur la comparaison entre inoculum à base de tourbe et celui à base de vermiculite où la tourbe est sujette à des recontaminations au cours de la production et du stockage de l'inoculum.

L'étude de la taille des plantes, de la largeur au collet et du nombre de branches par plante montre que pour toutes les trois espèces, l'inoculum n'a pas d'effet sur ces paramètres. Ces résultats concordent avec ceux de Ballo & Turquin (2018) sur l'effet de l'inoculum bactérien de la souche IRAT-FA3 de *Bradyrhizobium japonicum* sur la croissance et la nodulation de 3 variétés de soja cultivées en Côte Ivoire où l'inoculation n'a pas influencé la hauteur des plants de soja.

Les résultats montrent que les plantes de soja inoculées ont produit plus de nodules sur les racines que les autres plantes non inoculées. Pour l'arachide, les plantes inoculées ont produit environ le même nombre de nodules que les plantes non inoculées. Cependant, le niébé n'a produit de nodules avec aucun des traitements. La production de nodules est un facteur essentiel pour la réalisation d'une relation symbiotique efficiente. Leur absence ou insuffisance annule ou réduit le processus de fixation biologique de l'azote (Aboubacar *et al.*, 2013). L'absence de nodules avec le niébé pourrait être dû à une incompatibilité entre la culture et la bactérie utilisée ou à un défaut de conservation qui aurait occasionné la mort des micro-organismes de l'inoculum. Selon N'gbesso *et al* (2018) la présence de nodules est souvent le signe d'une compatibilité entre une variété d'une espèce donnée et la souche de bactérie en présence. La présence de nodules dans les parcelles non inoculées pourrait s'expliquer par la présence de souches de bactéries capable de s'associer avec l'arachide et le soja. Ces observations confirment ceux de Ballo & Turquin (2018) et de Mulongoy (2005), qui affirment que la nodulation est limitée par l'absence de souches efficientes de bactéries ou leur insuffisance dans le sol. Cependant, une bonne nodulation n'est pas toujours synonyme



d'une bonne fixation d'azote car les nodules observés peuvent ne pas être tous efficaces (Karaboneye, 2013).

L'analyse des données de la matière sèche aérienne montre que les parcelles inoculées de niébé ont produit plus de biomasse que les parcelles non inoculées. Ce résultat serait dû à la disponibilité de l'espace, des nutriments et par l'absence de concurrence occasionnée par le faible taux de germination. L'étude de Nathan (2011) conduite sur la culture de soja a montré que des écartements trop faibles retardent la floraison et diminuent le nombre de ramifications, réduisant ainsi le rendement. Pour l'arachide, les plantes non inoculées ont produit plus de biomasse que celle inoculées. Ceci pourrait s'expliquer par l'existence dans le sol de bactéries symbiotiques plus efficaces que ceux de l'inoculum. Enfin pour le soja, les plantes inoculées ont produit plus de biomasse que celles non-inoculées. La plus grande production chez les plantes inoculées peut être attribuée à la relation symbiotique de la bactérie avec les racines des plantes. Ceci confirme les résultats de Rab et *al* (2016) sur l'influence de l'inoculation avec le rhizobium sur la croissance et le rendement de l'arachide où l'inoculation a favorisé l'augmentation de la biomasse sèche aérienne des plantes.



## CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

Cette étude avait pour objectif de mettre en évidence les effets de l'inoculum sur la croissance de l'arachide, du soja et du niébé. Les résultats ont montré que l'inoculum a eu un effet inhibiteur sur la germination des trois espèces. Cet inoculum n'a cependant pas eu aucun effet significatif sur la taille des plantes, la largeur au collet et le nombre de branches. L'inoculation a eu un effet positif sur la nodulation avec une forte augmentation de nodules sur les parcelles de soja et d'arachide. Pour le niébé l'inoculation n'a pas été efficace. D'après les résultats de la biomasse sèche aérienne, l'inoculation a eu un effet positif sur le niébé et le soja et un effet négatif sur l'arachide. Et enfin pour toutes les trois espèces le poids des 10 gousses et celui des 100 graines n'a pas été influencé par l'inoculation.

Il est recommandé, de faire une analyse de sol avant toute utilisation d'inoculation. Pour une bonne maîtrise de la technique d'inoculation, il serait plus judicieux d'étudier le comportement et la spécificité des microorganismes symbiotiques plus particulièrement ceux nouvellement introduits comme le *Bradyrhizobium japonicum* mais aussi l'effet de leur association avec les engrais organiques et les champignons mycorhiziens.





## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Aboubacar, K., Ousmane, Z., Amadou, H., Issaka, S., & Zouberou, A. (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(1), 5846. <https://doi.org/10.4314/jab.v72i1.99672>
- Ama-Abina, T., Buegre, G., N'gbesso, M., Brou, N., & Yoro, G. (2013). 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. <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v6i5.7>
- ANSD/SRSD. (2017). *Rapport regional Région de Thiès*.
- Ariel, F., Brault-Hernandez, M., Laffont, C., Huault, E., Brault, M., Plet, J., Moison, M., Blanchet, S., Ichanté, J. L., Chabaud, M., Carrere, S., Crespi, M., Chan, R. L., & Frugier, F. (2012). Two direct targets of cytokinin signaling regulate symbiotic nodulation in medicago truncatula. *Plant Cell*, 24(9), 3838–3852. <https://doi.org/10.1105/tpc.112.103267>
- Bado, B. V. (2002). Rôle des légumineuses sur la fertilité des sols ferrugineux tropicaux des zones guinéens et soudanienne du Burkina Faso. *Thèse, Département Des Sols et de Génie Agroalimentaire, faculté des sciences de l'agriculture et de l'alimentation université laval québec*, 167.
- Ballo, B., & Turquin, L. (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*. 12(December), 2667–2679.
- Beeckmans, S., & Xie, J. P. (2015). Glyoxylate Cycle. In *Reference Module in Biomedical Sciences* (Issue October 2014). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-801238-3.02440-5>
- Brunck, F., Colonna, J., Dommergues, Y., DucousoUCOUSSO, M., Galiana, A., Prin, Y., Roederer, Y., & Sougoufara, B. (1990). La maîtrise de l'inoculation des arbres avec leurs symbioses racinaires : synthèse d'une sélection d'essais au champ en zone tropicale.



*Bois et Forêts Des Tropiques*, 223(223), 24–42.

<https://doi.org/10.19182/bft1990.223.a19676>

Ferguson, B. J. (2017). Rhizobia and Legume Nodulation Genes ☆. *Reference Module in Life Sciences*, July 2016, 1–5. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-809633-8.07071-0>

Graham-Weiss, L., Bennett, M. L., & Paau, A. S. (1987). Production of Bacterial Inoculants by Direct Fermentation on Nutrient-Supplemented Vermiculite. *Applied and Environmental Microbiology*, 53(9), 2138–2141. <https://doi.org/10.1128/aem.53.9.2138-2141.1987>

Gueye, A. (1989). production d'inoculum de rhizobium au senegal *par.* 9.

Hungria, M., Loureiro, M. F., Mendes, I. C., Campo, R. J., & Graham, P. H. (2005). Inoculant Preparation, Production and Application. *Nitrogen Fixation in Agriculture, Forestry, Ecology, and the Environment*, 223–253. [https://doi.org/10.1007/1-4020-3544-6\\_11](https://doi.org/10.1007/1-4020-3544-6_11)

Indrasumunar, A., & Gresshoff, P. M. (2010). Duplicated nod-factor receptor 5 (NFR5) genes are mutated in soybean (*Glycine max* L. Merr.). *Plant Signaling and Behavior*, 5(5), 535–536. <https://doi.org/10.4161/psb.11028>

Karaboneye, F. (2013). *Caractérisation de l'efficacité symbiotique de lignées africaines de soya à haute promiscuité.* 123.

Kiers, E. T., Rousseau, R. A., West, S. A., & Denison, R. F. (2003). Host sanctions and the legume-rhizobium mutualism. *Nature*, 425(6953), 78–81. <https://doi.org/10.1038/nature01931>

Loynachan, T. (2005). *Nitrogen Fixation by Forage Legumes.* p3. 6.

Maougal, R. T. (2004). *Techniques de production d'inoculum Rhizobial. Etude de cas pois chiche (Cicer arietinum L.): Inoculation et nodulation.* 163.

Mohamed, L. (2009). *Etude de la symbiose à rhizobium chez l'arachide (Arachis hypogaea L.) cultivée sous contrainte hydrique:*

Mpunga Habineza Jean Pierre<sup>1</sup> , Alice Cinama Samine<sup>2</sup> , Gakuru Semacumu<sup>3</sup> et Dushimimana Constantin<sup>4</sup> (2016). *Effet de l'innoculation au rhizobium et de la fertilisation au triple superphosphate sur le comportement de s variétés du soja.* VI(Décembre 2016), 99–110.



N'gbesso, M. F. D. P., Fondio, L., Coulibaly, N. D., & Kouame, N. C. (2018). 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.  
<https://doi.org/10.4314/ijbcs.v11i5.30>

Nathan, M. (2011). *Soybean Growth and Yield Response To Interplant Competition By*.

Rab, A., Noor, S., Shah, M., & Jan, I. (2016). Influence of Rhizobium inoculation on nodules, growth and yield of french beans cultivars. *International Journal of Biosciences (IJB)*, 9(6), 226–233. <https://doi.org/10.12692/ijb/9.6.226-233>

Savadogo, P. (2018). *Gestion Intégrée de la Fertilité des Sols et Régénération*. 3(July).  
<https://doi.org/10.13140/RG.2.2.27620.88968>

Wade, T. (2012). *Inoculum de microorganisme*.

