

# Nodulation et rendements du soja *Glycine max* L. MERRILL inoculé par *Bradyrhizobium japonicum* dans différents systèmes de culture à Kombé-Brazzaville, Congo.

G.R. Mandimba\*, E. Makéla, P. Moussongo & J. Pandzou

Keywords: *B. japonicum* – Cropping systems – Nitrogen – Nodulation – Soybean – Yields.

## Résumé

Des essais de détermination de l'arrière effet de l'inoculation du soja *Glycine max* L. MERRILL par *Bradyrhizobium japonicum* ont été menés dans deux expérimentations sur un sol sablo-argileux de Kombé. Dans le premier, nous avons testé le système soja non inoculé après soja inoculé par quatre souches de *B. japonicum* FA3; 3-40; SA1 et G3S sur les performances du soja FN3. Au stade floraison, la nodulation du soja FN3 est effective (27 à 51 nodosités par plant), mais cette nodulation est non suivie de rendements satisfaisants à la récolte en absence de fumure. Dans le second, nous avons testé le système soja IRAT 274 non inoculé après soja (FN3, Jupiter et IRAT 274) inoculé par la souche FA3 et suivi d'une jachère. La nodulation du soja IRAT 274 est effective (19 à 45 nodosités par plant), mais le pourcentage de nodosités occupées par la souche FA3 est faible (1,2 à 24,5%) d'une part, et d'autre part, les rendements sont fonction de la fumure apportée (1,84 à 3,69 t/ha contre 1,52 t/ha pour le témoin non inoculé et non fertilisé). Ces observations montrent que la survie et donc les performances de la symbiose soja/*B. japonicum* sont étroitement liées aux systèmes de culture.

## Summary

*Trials were conducted to determine the persistence of introduced Bradyrhizobium japonicum strains on the performance of uninoculated Glycine max L. MERRILL under various cropping systems. Cropping systems were as the followed crop sequences, (i) inoculated soybean by four B. japonicum FA3, 3-40, SA1 and G3S strains – uninoculated soybean FN3 (csi), (ii) inoculated soybean genotypes FN3, Jupiter and IRAT 274 by B. japonicum FA3 strain – fallow – uninoculated soybean IRAT 274 (csii). Liming was applied in the two management practices, but chemical fertilisers such as P and K were added in the second cropping system but not in the first one. Under (csi), the nodulation in soybean FN3 was effective with nodule numbers per plant ranged from 27 to 51, while yields were low and may be attributed to the lack of applied mineral fertilisers like P and K. The nodulation in soybean IRAT 274 was also effective under (csii) with nodule numbers ranged from 19 to 45, but nodule occupancy by FA3 strain was low and ranged from 1.2 to 24.5 per cent. In addition, yields of soybean IRAT 274 ranged from 1.84 t/ha to 3.69 t/ha depending on the levels of applied P and K fertilisers and were greater than the unfertilised and uninoculated control (1.52 t/ha). Our results suggest that the persistence as performance of soybean/*B. japonicum* symbiosis is related to the cropping systems.*

## 1. Introduction

La culture du soja *Glycine max* L. MERRILL d'introduction récente au Congo, a fait l'objet de quelques observations préliminaires (17). Aussi, l'un des facteurs clés de la production du soja est l'azote, facteur limitant essentiel de la production agricole en zones tropicales.

Le plus souvent, en raison des faibles teneurs en matières organiques des sols tropicaux, cet élément ne pourra être mis à la disposition des paysans que moyennant un prix de revient excessif (21). Dans ces conditions, le suivi des souches de *Bradyrhizobium japonicum* introduites dans le sol revêt son importance, d'où nos efforts de mener ces études en les intégrant dans les différents systèmes de culture tels qu'ils existent au Congo d'une part, et d'autre part, dans la mesure où ces systèmes de culture orientent le devenir des souches

bactériennes symbiotiques des légumineuses.

En pratique, les souches de *Rhizobium* introduites dans le sol, sont exposées aux effets de nombreux facteurs écologiques qui déterminent leur survie (1,4,20). Les plus importants se rattachent aux substances toxiques comme les pesticides dirigés contre les ennemis des cultures, mais qui peuvent se révéler dangereux pour les *Rhizobium* (19,27).

En général, les succès de l'inoculation dépendent non seulement de la souche utilisée, mais aussi de son aptitude à résister aux mauvaises conditions de l'environnement (6,14,21,28,30) d'une part, et d'autre part, à pouvoir survivre dans le sol comme micro-organismes saprophytes au-delà des premiers mois qui suivent l'inoculation (10).

\* Adresse postale: Laboratoire de Biotechnologie. Institut de Développement Rural I.D.R. Km 17, Université, B.P. 13346. Brazzaville, Congo.

Reçu le 20.10.93 et accepté pour publication le 11.05.94.

Compte tenu du fait que cette souche subit la compétition de la part des souches indigènes, lesquelles sont bien adaptées à leur milieu, la technique la plus usuelle pour étudier l'efficacité d'une souche introduite, est d'observer la nodulation in situ, et de la compléter par la détermination de la souche responsable de cette nodulation de la plante hôte testée. Cette détermination peut se faire par différentes méthodes qui dépendent de l'équipement dont dispose le laboratoire (3,7,15).

Le présent travail a donc pour objectifs, d'étudier les arrières effets de l'inoculation par *B. japonicum* dans différents systèmes de culture sur la nodulation et les rendements du soja *Glycine max* L. MERRILL.

## 2. Matériel et méthodes

### 2.1. Le site expérimental

Les essais ont été menés dans la zone IDR-CVTA-Kombé dont les caractéristiques physico-chimiques ont déjà été décrites (17).

Les précipitations pendant les périodes de végétation correspondant au premier cycle cultural, sont de 355,3 et 568,3 mm respectivement pour les systèmes de culture 1 et 2. Cependant, si on estime que les besoins en eau du soja sont de l'ordre de 350 mm d'eau, on peut considérer comme satisfaisantes, les quantités d'eau tombées pendant la période de végétation. Par contre, la répartition et l'intensité des précipitations ont été moins bonnes (Figures 1 et 2).

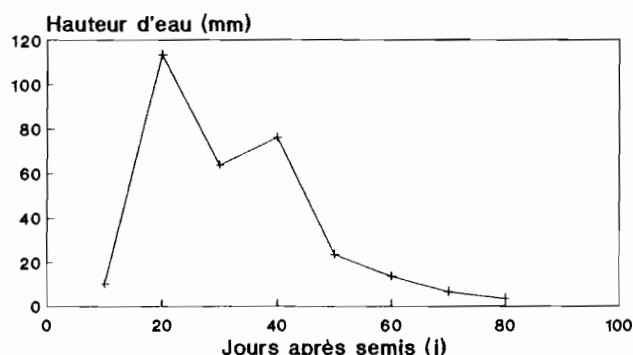


Figure 1 – Précipitations pendant la période de végétation. Système de culture 1

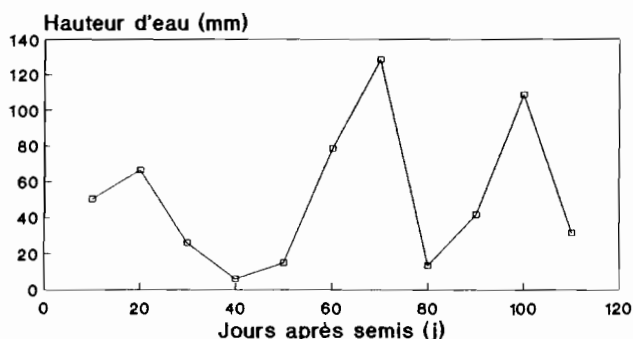


Figure 2 – Précipitations pendant la période de végétation. Système de culture 2.

### 2.2. Le matériel végétal

Nous avons utilisé deux variétés de soja *Glycine max* L.

MERRILL: la variété FN3 et la variété IRAT 274.

La variété FN3 a déjà été décrite par Mandimba et al. (17). La variété IRAT 274 est une variété anciennement appelée IRAT 26/72, et a été sélectionnée au Sénégal (16). Elle se caractérise par un cycle végétatif variant entre 105 et 110 jours suivant les conditions climatiques. Elle pousse bien dans les zones à pluviométrie annuelle supérieure à 900 mm. Les rendements moyens et maximum obtenus en station oscillent entre 2,5 et 4,0 t/ha.

Les semences de ces variétés nous ont été fournies par le Centre de Vulgarisation de Techniques Agricoles (CVTA) pour la variété FN3, et la Station Agricongo pour l'IRAT 274.

### 2.3. Système de culture 1

Dans cet essai, nous avons étudié les arrières effets du soja inoculé par quatre souches de *B. japonicum* FA3; 3-40; SA1 et G3S (premier cycle campagne agricole 1986-1987), sur le soja non inoculé et non fertilisé. Aussi, avons-nous utilisé les mêmes parcelles que celles utilisées par Mandimba et al. (17), mais sans nouvelle inoculation, ni apport de fumure minérale. C'est le système soja non inoculé sur soja inoculé. Dans cette expérimentation, les parcelles ont été protégées contre les feux de brousse par un désherbage à la houe effectué en juin 1986. Les semis ont été réalisés à la main le 1er novembre 1986, à la densité de semis de 250.000 plants/ha, aux écartements de 40 cm x 10 cm et sur des parcelles de 6 m x 4 m. Deux graines ont été semées par poquet à une profondeur de 2,5 cm, les manquants ont été remplacés 6 jours après semis (JAS), et le démarrage à un plant a été effectué 10 JAS. Les opérations d'entretien ont été le sarclage à la binette et le sarclage à la serfouette exécutés respectivement à 20 et 60 JAS.

Le dispositif expérimental est celui en blocs aléatoires complets comprenant 6 traitements et 4 répétitions. Toutes les parcelles ont été chaulées à raison de 2 tonnes par hectare de calcaire broyé dosant 56% de CaO, pour corriger l'acidité du sol et améliorer ainsi la nodulation et la croissance de la plante (5,8).

Pour les observations au stade floraison (35 JAS), 10 plants ont été prélevés au hasard et sur lesquels nous avons déterminé la nodulation, le poids sec des parties aériennes par les méthodes décrites respectivement par van Beusichem et Langelaan (9) et Faizah (9), et l'azote par la méthode de Kjeldahl.

Les rendements en gousses et en grains ont été déterminés à la récolte (80 JAS).

### 2.4. Système de culture 2

Cette expérimentation a été réalisée en deux temps. La première étape a consisté à mettre en place l'essai d'inoculation du soja *Glycine max* L. MERRILL par la souche *B. japonicum* FA3 (fournie par l'IRAT/CIRAD Montpellier France), lors du premier cycle de la campagne agricole 1989-1990 (Phase 1).

Compte tenu de nos résultats antérieurs sur l'inoculation du soja au Congo (17,23), nous avons vérifié la réussite de l'inoculation au stade floraison en comparant les variétés de soja FN3, Jupiter et IRAT 274 inoculées par la souche FA3 de celles non inoculées prises comme témoin au cours de la même expérimentation, et récolté les gousses à maturité. Cette étape est illustrée par la distribution des nodosités sur le système racinaire du soja FN3 et Jupiter (photos 1 & 2). Ces parcelles ont été laissées en friche un an après l'inoculation (campagne agricole 1990-1991), et réutilisées au cours du premier cycle de celle de 1991-1992, pour déterminer

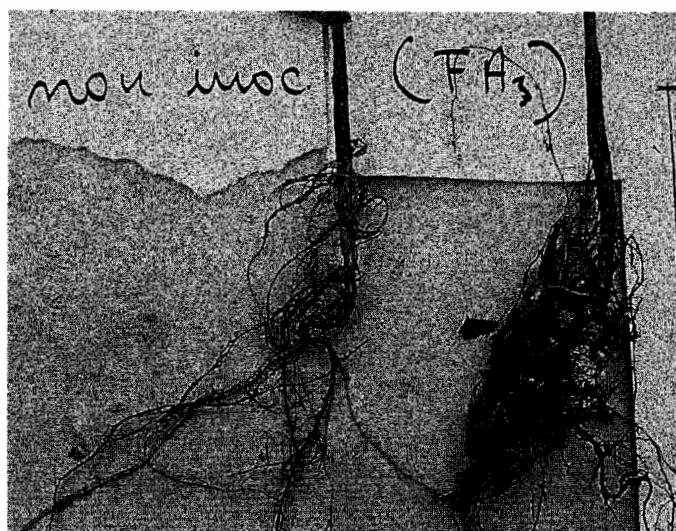


Photo 1 – Soja FN3 inoculé par *B. japonicum* FA3 dans le système de culture 2; phase 1. A droite, plante inoculée; à gauche, plante non inoculée.



Photo 2 – Soja Jupiter inoculé par *B. japonicum* FA3 dans le système de culture 2, phase 1. A droite, plante inoculée; à gauche, plante non inoculée.

les arrières effets de cette inoculation au cours de la seconde étape de notre expérimentation (Phase 2).

**TABLEAU 1**  
**Composition des traitements soumis au soja IRAT 274 dans le système de culture 2.**

| Traitements                       | Souche apportée en 1989 | Azote (kg/ha) | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/ha) | K <sub>2</sub> O (kg/ha) | Calcaire (t/ha) |
|-----------------------------------|-------------------------|---------------|---------------------------------------|--------------------------|-----------------|
| Témoin absolu (T0)                | -                       | 0             | 0                                     | 0                        | 0               |
| Fertilisé et non azoté (T1)       | -                       | 0             | 50                                    | 50                       | 2,5             |
| Fertilisé et azoté (T2)           | -                       | 100           | 50                                    | 50                       | 2,5             |
| Inoculé et non fertilisé (T3)     | FA3                     | 0             | 0                                     | 0                        | 2,5             |
| Inoculé et fertilisé 0-25-25 (T4) | FA3                     | 0             | 25                                    | 25                       | 2,5             |
| Inoculé et fertilisé 0-50-50 (T5) | FA3                     | 0             | 50                                    | 50                       | 2,5             |

Les traitements de cet essai sont résumés dans le tableau 1. Les semis ont été réalisés le 28 novembre 1991, à raison de 2 graines par poquet, à la profondeur de 2 cm, la densité de semis de 250.000 plants/ha, des écartements de 40 cm x 10 cm sur des parcelles de 4 m x 3 m. Nous avons remplacé les manquants 9 JAS et procédé au démariage à un plant 14 JAS. Les sarclobinages ont eu lieu 18 et 25 JAS.

Les engrais phosphatés, potassiques et azotés ont été appliqués avant les semis et utilisés respectivement sous les formes suivantes:

- superphosphate simple dosant 18% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>;
- chlorure de potassium dosant 60% de K<sub>2</sub>O et
- sulfate d'ammoniaque dosant 21% d'azote.

Le chaulage a été pratiqué comme dans le système de culture 1. Le dispositif expérimental est celui en blocs aléatoires complets comprenant 6 traitements et 3 répétitions. Les observations au stade floraison (52 JAS) et à la récolte (105 JAS), les analyses du matériel végétal ont été réalisées par les mêmes procédés que ceux utilisés dans le système de culture 1.

## 2.5. Analyse statistique

Les données expérimentales ont été soumises à l'analyse de variance, complétée par les tests de Duncan ou F planifié pour affiner cette analyse.

## 3. Résultats et discussion

### 3.1. Système de culture 1.

Au stade floraison, nous avons considéré le nombre, la coloration interne et le poids sec des nodosités comme critères de nodulation du soja.

Le nombre de nodosités par plant varie entre 27 et 51 (tableau 2), avec une supériorité significative de la souche G3S (traitement T5). En effet, les plants issus du traitement T5 présentent un nombre de nodosités significativement différent de ceux des traitements T0 (témoin absolu), T1 (traitement azoté), T2 (souche FA3) et T4 (souche SA1). Nous n'avons observé aucune différence significative entre les plants issus des traitements T5 et T3 (souche 3-40), dans nos conditions expérimentales (tableau 2).

Par ailleurs, le nombre relativement élevé des nodosités des plants issus du témoin absolu (T0) est probablement dû à des contaminations par des souches efficaces de *B. japonicum* inoculées lors des essais préliminaires (17). Il en est de même du traitement azoté (T1), dont le nombre observé de nodosités serait la conséquence des lessivages de l'azote apporté lors des essais préliminaires tels que décrits par Mandimba et al. (17).

Le pourcentage très élevé de nodosités colorées (88 à 93%) indique que ces dernières sont en pleine activité fixatrice d'azote, ce qui explique l'absence de différence significative entre les traitements concernant la coloration interne et l'azote total des nodosités (tableau 2). Il en est de même du poids sec des nodosités et de celui des parties aériennes, qui sont des indications plus expressives de la symbiose *Bradyrhizobium/Glycine max* dans nos conditions expérimentales.

En revanche, lorsque l'on considère l'azote total des parties aériennes, nous observons que les plants issus des parcelles précédemment inoculées par les souches FA3 (T2), 3-40 (T3) et G3S (T5) présentent les valeurs de l'azote total les plus élevées (tableau 2).

**TABLEAU 2**  
**Résultats des observations du soja FN3 au stade floraison et à la récolte dans le système de culture 1.**

| Traitements <sup>(2)</sup> | A LA FLORAISON              |                     |                              |                         |                          | A LA RECOLTE        |                       |                      |                       |
|----------------------------|-----------------------------|---------------------|------------------------------|-------------------------|--------------------------|---------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|
|                            | Nombre de nodules par plant | Nodules colorés (%) | Poids sec nodules (mg/plant) | Azote total nodules (%) | Poids sec p.a. (g/plant) | Azote total p.a (%) | Rdt en gousses (t/ha) | Rdt en grains (t/ha) | Protéines graines (%) |
| Témoin (T0)                | 30b <sup>(1)</sup>          | 88a                 | 248,32a                      | 4,24a                   | 3,45a                    | 3,19bc              | 1,34a                 | 0,72a                | 40,18a                |
| Azoté (T1)                 | 28b                         | 90a                 | 241,30a                      | 4,24a                   | 4,20a                    | 3,21bc              | 1,30a                 | 0,73a                | 40,32a                |
| Souche FA3 (T2)            | 34b                         | 93a                 | 278,62a                      | 4,39a                   | 4,37a                    | 3,37ab              | 1,63a                 | 0,91a                | 41,08a                |
| Souche 3-40 (T3)           | 36ab                        | 91a                 | 302,10a                      | 4,47a                   | 4,00a                    | 3,39ab              | 1,66a                 | 0,89a                | 41,20a                |
| Souche SA1 (T4)            | 27bc                        | 90a                 | 237,00a                      | 4,33a                   | 4,44a                    | 3,20bc              | 1,18a                 | 0,66a                | 40,30a                |
| Souche G3S (T5)            | 51a                         | 93a                 | 363,00a                      | 4,56a                   | 5,50a                    | 3,51a               | 1,75a                 | 0,94a                | 41,68a                |
| CV (%)                     | 30,15                       | –                   | 29,70                        | 4,18                    | 31,79                    | 4,51                | 28,66                 | 30,48                | 2,04                  |

<sup>(1)</sup>Pour un paramètre donné, les valeurs affectées d'une même lettre ne diffèrent pas statistiquement au seuil 5% (test Duncan).

<sup>(2)</sup>Précédents culturaux de la campagne agricole 1985-1986.

p.a. = parties aériennes.

Le niveau de performance de ces souches, une année après leur introduction dans le sol est le même, ce qui n'est pas le cas de la souche SA1 (T4).

Il n'en demeure pas moins que la nodulation du soja est effective et satisfaisante (tableau 2). Cette bonne nodulation pourrait être attribuée aux meilleures conditions climatiques (Figure 1) d'une part, et d'autre part, aux souches de *B. japonicum* qui ont probablement survécu dans le sol une année après leur introduction.

Nos observations sont similaires à celles de Pandzou et al., (23), et à celles décrites sur le soja par Peoples et Craswell (24) qui ont montré que la bonne nodulation d'une légumineuse est le résultat d'une symbiose effective entre le *Rhizobium* et la légumineuse.

Il est par conséquent clairement établi que dans nos conditions expérimentales, les besoins en azote du soja sont couverts par le biais de la fixation symbiotique. Ce qui n'est probablement pas le cas des autres éléments nutritifs, car les rendements sont faibles et réduits de moitié de ceux de nos observations préliminaires (17). En plus, la teneur en protéines des graines, ne semblent pas être influencée par la nutrition de la plante comme l'ont montré Bayordor et al. (2) sur le soja.

### 3.2. Système de culture 2

Par analogie avec ce que nous avons dit précédemment, la nodulation du soja IRAT 274 est effective avec un nombre de nodosités par plant variant entre 19 et 45 (tableau 3). Par ailleurs, le chaulage et la fumure minérale P,K (T1) n'ont eu aucun effet sur le nombre de nodosités. Par contre, le témoin absolu (T0) et le traitement inoculé, chaulé et fertilisé (T3), se comportent de la même façon (photos 4 & 5), bien que le nombre de nodosités des plants issus de ces deux traitements soient inférieurs à ceux issus des traitements inoculés, chaulés et fertilisés (T4 et T5; tableau 3).

La supériorité des traitements inoculés est parfaitement matérialisée par la photo 6, qui montre entre autre, que les nodosités sont de tailles différentes, d'où les différences significatives observées sur le poids sec des nodosités (tableau 3). Il y aurait probablement dans le sol, différentes souches de *Bradyrhizobium sp.* efficaces sur le soja IRAT 274 dans nos conditions expérimentales.

Cette efficacité expliquerait les valeurs relativement élevées de la coloration interne des nodosités (60,31 à 83,76%; tableau 3), et l'absence de différence significative entre les traitements sur ce paramètre.

**TABLEAU 3**  
**Nodulation du soja IRAT 274 au stade floraison dans le système de culture 2.**

| Traitements                       | Nombre nodules (/plant) (F) | Coloration interne nodules (%) (F) | Poids sec nodules (mg/plant) (D) | Occupation nodules (%) | Poids sec parties aériennes (g/plant) (F) | Azote total p.a.(%) (D) |
|-----------------------------------|-----------------------------|------------------------------------|----------------------------------|------------------------|-------------------------------------------|-------------------------|
| Témoin absolu (T0)                | 32b <sup>(1)</sup>          | 74,05a                             | 149,54ab                         | 2,3                    | 4,89ab                                    | 1,93a                   |
| Fertilisé et non azoté (T1)       | 21a                         | 77,84a                             | 103,65a                          | 15,6                   | 4,39a                                     | 2,63b                   |
| Fertilisé et azoté (T2)           | 19a                         | 57,69a                             | 92,74a                           | 24,5                   | 9,30c                                     | 3,10cd                  |
| Inoculé et non fertilisé (T3)     | 33b                         | 60,31a                             | 138,64ab                         | 16,0                   | 6,09ab                                    | 2,88bc                  |
| Inoculé et fertilisé 0-25-25 (T4) | 44c                         | 83,76a                             | 200,77b                          | 3,4                    | 6,54ab                                    | 3,17cd                  |
| Inoculé et fertilisé 0-50-50 (T5) | 45c                         | 79,11a                             | 191,91 b                         | 1,2                    | 7,13bc                                    | 3,29d                   |
| CV (%)                            | 46,74                       | 16,67                              | 28,42                            | –                      | 20,81                                     | 4,72                    |
| Seuil de signification            | 5%                          | 5%                                 | 5%                               | –                      | 5%                                        | 1%                      |

(D) Test de Duncan; (F) Test F planifié.

(1) Pour un paramètre donné, les valeurs affectées d'une même lettre ne diffèrent pas statistiquement.

p.a. = parties aériennes.



Photo 3 – Vue générale du champ expérimental dans le système de culture 2, phase 2. La culture du soja IRAT 274 présente une coloration diversifiée du feuillage.

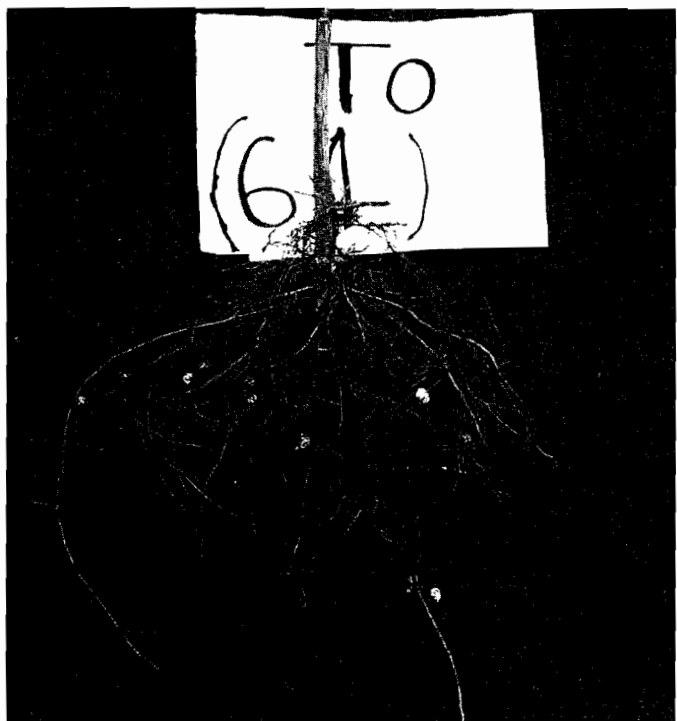


Photo 4 – Système racinaire du soja IRAT 274, issu du témoin absolu (T0) dans le système de culture 2, phase 2.

En outre, le pourcentage d'occupation des nodosités relativement faible (1,2 à 24,5%; tableau 3), indique que la survie en terme de compétitivité de la souche *B. japonicum* FA3 est faible, et confirme que la nodulation observée serait probablement due aux souches indigènes de *Rhizobium* devenues efficientes à la suite d'un précédent cultural soja inoculé.

Nos observations sont analogues à celles faites par Pandzou et al. (23), et aussi une illustration de la réussite du précédent cultural soja inoculé, pendant le premier cycle de la campagne agricole 1989-1990. C'est ce que montrent les photos 1 et 2 dont les plants inoculés présentent des nodosités

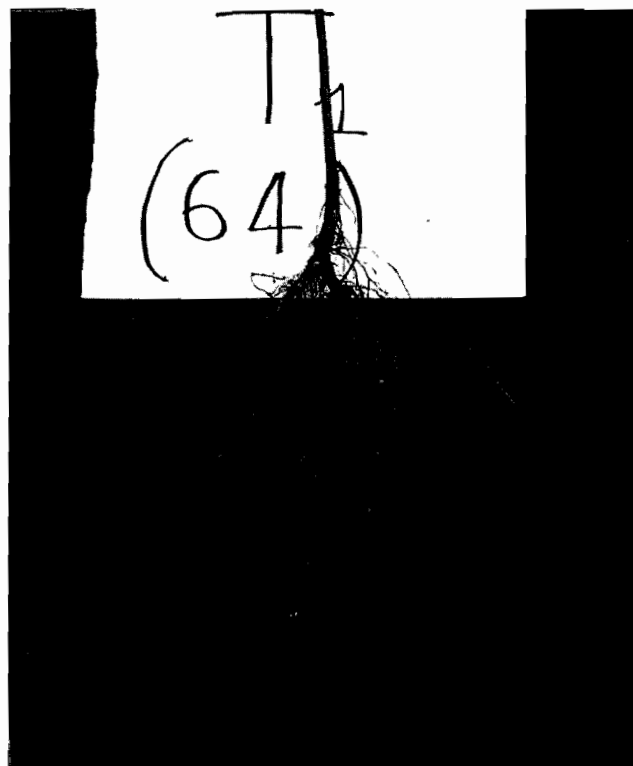


Photo 5 – Système racinaire du soja IRAT 274, issu du traitement non inoculé et fertilisé 0-50-50 (T1) dans le système de culture 2, phase 2.

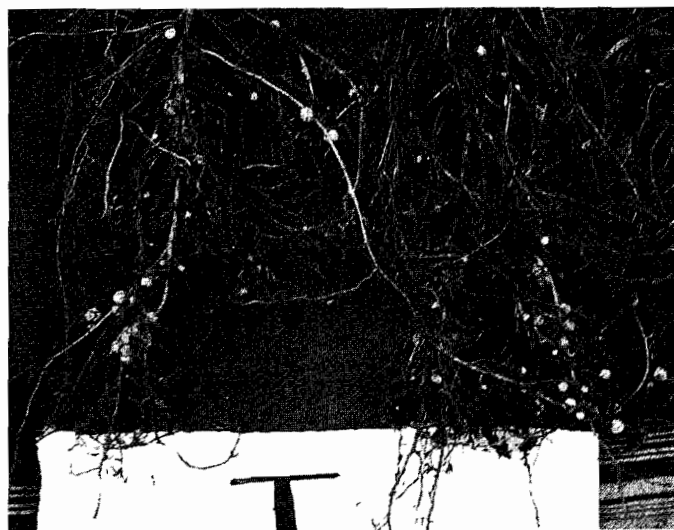


Photo 6 – Système racinaire du soja IRAT 274, issu du traitement inoculé et fertilisé 0-50-50 (T5) dans le système de culture 2, phase 2.

bien localisées à la base de la racine principale.

Au regard de ce qui précède, on peut donc penser que l'introduction de la souche FA3 dans le sol favorise la nodulation du soja deux années après son introduction et une reinoculation de ces parcelles est donc inutile.

Des observations similaires sur la stimulation de la fixation biologique de l'azote dans les systèmes de culture, ont été relatées par Peoples et Craswell (24). Simultanément, les souches indigènes de *Bradyrhizobium* sp. deviennent très compétitives, d'où le faible taux d'occupation des nodosités par la souche FA3 observé dans notre essai. Nos résultats sont conformes à ceux de Berg et al. (3) sur le soja.



Le poids sec des parties aériennes qui est le critère de nutrition minérale d'une plante, montre que le poids sec le plus élevé est obtenu sur les plants issus du traitement azoté (T2). Ces différences de croissance sont illustrées par la coloration diversifiée du feuillage de la photo 3, dont les plants les mieux alimentés en azote sont les plus vigoureux.

En considérant comme optimales les valeurs de T2 dans nos conditions expérimentales, on peut déterminer le niveau de performance des différents traitements par rapport au traitement azoté. Ce niveau de performance est plus élevé pour les traitements inoculés (65 à 76%) que pour les non inoculés (47 à 52%).

Il en est de même de la teneur en azote des parties aériennes, pour lesquelles les niveaux de performance varient entre 92 et 106% pour les traitements inoculés, contre 62 à 84% pour les non inoculés. En effet, les traitements inoculés, fertilisés et chaulés T4 et T5, présentent des teneurs en azote supérieures à celle du traitement azoté, fertilisé et chaulé T2 (tableau 3). Ces résultats sont le reflet de l'efficacité des souches symbiotiques ayant provoqué la nodulation du soja dans nos conditions expérimentales.

Nos observations sont en accord avec celles faites sur le soja par Halverson et Handleshman (11); Hynes (13), qui ont établi le lien très étroit existant entre la vigueur des plants et la fixation symbiotique de l'azote chez le soja.

Certaines composantes du rendement comme le nombre de gousses par plant, et le nombre de graines par gousse, ne peuvent être utilisés pour différencier les traitements, car ne présentant aucune différence significative (tableau 4). Cette absence de différence est due au fait que ces deux paramètres sont liés aux caractéristiques génétiques du matériel végétal utilisé comme l'ont montré Hartley et al. (12) sur différentes variétés de soja.

En revanche, les rendements en gousses et en grains, mettent en relief la supériorité du traitement T2 (tableau 4). D'une manière générale, les rendements observés sont satisfaisants, et correspondent aux normes établies par les sélectionneurs de la variété IRAT 274 (16).

Le taux de décorticage supérieur à 50% indique que la nutrition du soja peut être considérée comme satisfaisante. Mais ce critère ne permet pas de différencier les traitements. Cependant, nous avons observé des différences significatives sur le poids de 100 graines entre le traitement azoté (T2) et ceux: non inoculé, fertilisé et chaulé (T1); inoculé, non fertilisé et chaulé (T3) et inoculé, fertilisé et chaulé (T5) (tableau 4).

Les deux types de traitements inoculés et non inoculés présentent le même comportement, et l'augmentation de la fumure minérale n'entraîne pas forcément une augmentation du poids de 100 graines. C'est que le niveau de fertilité des parcelles est probablement le même à l'instar de nos observations sur la nodulation à la floraison.

#### 4. Conclusion

Notre étude a permis de mettre en évidence, la nécessité de corréler la nodulation et la nutrition minérale pour optimiser les rendements chez le soja. Il serait par conséquent inutile d'inoculer une seconde fois le soja sur ces parcelles précédemment inoculées une ou deux années avant la mise en place d'une culture de soja.

#### 5. Remerciements

Nous remercions Mr Pierre Beunard du Laboratoire de Rhizobiologie du CIRAD/IRAT Montpellier, France, pour sa contribution à l'identification des souches, et les Directions du CVTA et Agricongo pour nous avoir fourni les semences.

**TABLEAU 4**  
**Composantes du rendement à la récolte du soja IRAT 274 dans le système de culture 2.**

| Traitements                       | Nombre de gousses par plante (F) | Nombre de graines par gousse (F) | Rendements en gousses (t/ha) (D) | Rendements en grains (t/ha) (D) | Taux de décorticage (%) (F) | Poids de 100 graines (g) (D) |
|-----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| Témoin absolu (T0)                | 36a <sup>(1)</sup>               | 2,4a                             | 2,61a                            | 1,52a                           | 58,5a                       | 15,2ab                       |
| Fertilisé et non azoté (T1)       | 42a                              | 2,5a                             | 2,62a                            | 1,56a                           | 59,4a                       | 14,6a                        |
| Fertilisé et azoté (T2)           | 58a                              | 2,5a                             | 5,92b                            | 3,69b                           | 62,4a                       | 16,8b                        |
| Inoculé et non fertilisé (T3)     | 42a                              | 2,4a                             | 3,11a                            | 1,84a                           | 59,3a                       | 14,5a                        |
| Inoculé et fertilisé 0-25-25 (T4) | 52a                              | 2,4a                             | 3,33a                            | 2,06a                           | 61,9a                       | 15,9ab                       |
| Inoculé et fertilisé 0-50-50 (T5) | 40a                              | 2,5a                             | 3,22a                            | 1,94a                           | 60,5a                       | 14,7a                        |
| CV (%)                            | 19,81                            | 6,33                             | 19,61                            | 19,01                           | 3,65                        | 4,51                         |
| Seuil de signification            | 5%                               | 5%                               | 5%                               | 5%                              | 5%                          | 5%                           |

(D) Test de Duncan; (F) Test F planifié.

(1) Pour un paramètre donné, les valeurs affectées d'une même lettre ne diffèrent pas statistiquement.

## Références bibliographiques

- Adebayo A., 1992. Nitrogen fixation and management practices for its enhancement in tropical agriculture. In Comm. 5th Conference of AABNF, Rabat (Morocco), 14-19 September 1992.
- Bayordor T.B., Kogure K. & Asanuma K., 1992. Studies on the response of nodulated soybean to nitrogen fertilizer. II On the seed quality and assimilate partitioning to seeds at different nodal position. Jpn. J. Crop Sci.; **61**(4):632-641.
- Berg R.K. Jr, Loynachan T.E., Zablotowicz R.M. & Lieberman M.T., 1988. Nodule occupancy by introduced *Bradyrhizobium japonicum* in Iowa soils. Agron. J., **80**(6):876-881.
- Danso S.K.A., Labandera C., Pastorini D. & Curbalo C., 1988. Nitrogen fixation in two-year old white clover-Fescue pasture. Influence of nitrogen fertilization. Soil Biol. Biochem., **20**: 261-262.
- Davey A.G., Henderson A.P. & Simpson R.J., 1989. Nodulation and growth of subterranean clover (*Trifolium subterraneum* L.) in a drying acid soil. Soil Biol. Biochem.; **21**: 1-8.
- Diagne O., 1992. Antagonisme entre microorganismes symbiotiques et asymbiotiques du sol de Djibouti. In Interactions Plantes Microorganismes. Compte-rendu Séminaire régional FIS/ORSTOM, Dakar, Sénégal, 17-22 Février 1992.
- Engvild K.C. & Nielsen G., 1985. Strain identification in *Rhizobium* by starch gel electrophoresis of isoenzymes. Plant and Soil; **87**: 251-256.
- Evers G.W., 1985. Clover establishment and growth at different ph levels. In: Forage research in Texas. Texas Agric. Exp. Stn CPR-4347:46-48.
- Faizah A.W., 1980. Symbiose *Rhizobium*-Légumineuses: efficience, compétitivité et introduction dans le sol de souches de *R. meliloti*. Thèse Doctorat; Univ. Claude Bernard, Lyon 1, 88 pages.
- Gibson A.H., Dreyfus B.L. & Dommergues Y.R., 1982. Nitrogen fixation by legumes in the tropics. In Microbiology of Tropical Soils and Plant Productivity. Dommergues Y.R. and H.G. Diem (eds.). Martinus Nijhoff/Dr W. Junk Publishers. The Hague, Boston, London. pp:37-73.
- Halverson L.J. & Handlesman J., 1991. Enhancement of soybean nodulation by *Bacillus cereus* UW85 in the field and in a growth chamber. Appl. Environ. Microbiol.; **57**:2767-2770.
- Hartley R.A., Lawn R.J. & Byth D.E., 1993. Genotypic variation in growth and seed yield of soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) in saturated soil culture. Aust. J. Agric. Res.; **44**: 689-702.
- Hynes R.K., 1993. Nodulation-promoting Rhizobacteria. BNF Bull. (NIFTAL USA); **12**(1):4.
- Keyser H.H. & Li F.; 1992. Potential for increasing nitrogen fixation in soybean. Plant and Soil; 149:119-135.
- Kishinevski B. & Gurfel D.; 1980. Evaluation of enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) for serological identification of different *Rhizobium* strains. J. Appl. Bacteriol.; **49**:517-526.
- Larche J., 1980. L'amélioration du soja au Sénégal. Agron. Trop.; **35**(2):148-156.
- Mandimba G.R., Kangoni M.M., Bilémbolo M. & Sachka Makosso: 1991. Sur quelques aspects de la production du soja (*Glycine max* L.) au Congo: essais préliminaires. Tropicultura; **9**(1):6-10.
- McDermott T.R., Graham P.H. et Ferrey M.L., 1991. Competitiveness of indigenous populations of *Bradyrhizobium japonicum* serocluster 123 as determined using a root-tip marking procedure in growth pouches. Plant Soil; **135**:245-250.
- Mondibaye A. & Mandimba G.R., 1992. Effect of inoculation by *Bradyrhizobium japonicum* strains on the nodulation and growth of *Glycine max* L. MERRILL in a Congo soil. Indian J. Agron.; in Press.
- Montange D. & Saint Macary H., 1983. Techniques d'inoculation. In Fichier Technique de la Fixation Symbiotique de l'Azote, Légumineuse/Rhizobium. FAO, Rome, Italie. Fiche IV Inoc. 2.
- Nazih N., Sen D. & Weaver R.W., 1993. Populations densities of clover rhizobia in Texas pastures and responses to liming. Biol. Fertil. Soils; **15**:45-49.
- Palm C.A. & Sanchez P.A., 1991. Nitrogen release from the leaves of some tropical legumes as affected by their lignin and polyphenolic contents. Soil Biol. Biochem.; **23**(1): 83-88.
- Pandzou J., Beunard P. & Saint Macary H., 1990. Inoculation du soja (*Glycine max* L. MERRILL) au Congo. Agron. Trop.; **45**(3): 199-204.
- Peoples M.B. & Craswell E.T., 1992. Biological nitrogen fixation: Investments, expectations and actual contributions to agriculture. Plant and Soil; **141**: 13-39.
- Samson C., Fetiariou R. et Montange D., 1989. Nodulation du haricot cultivé en sol de riziére. Agron. Trop.; **44**(2):105-109.
- Sandhu P.S., Dhingra K.K., Bandhari S.C. et Gupta R.P., 1991. Effect of hand-hoeing and application of herbicides on nodulation, nodule activity and grain yield of *Lens culinaris* Med. Plant and Soil; **135**:293-296.
- Sinha S.K., 1980. Légumineuses alimentaires: répartition, adaptabilité, biologie du comportement. FAO, Rome, Italie.
- Thies J.E., Singleton P.W. & Bohlool B.B., 1991. Influence of the size of indigenous rhizobial populations on establishment and symbiotic performance of introduced rhizobia on field-grown legumes. Appl. Microbiol. Environ.; **57**: 19-28.
- van Beusichem V.M.L. & Langelaan J.G., 1984. Effects of <sup>15</sup>N nitrate fertilization of yield and dinitrogen fixation of vegetative pea plants. Com. Soil Sci. Plant Anal.; **15**(5):507-517.
- Woomer P., Singleton P.W. & Bohlool B.B., 1988. Ecological indicator of native rhizobia in tropical soils. Appl. Environ. Microbiol.; **54**: 1112-1116.