

Sur quelques aspects de la production du soja (*Glycine max* L.) au Congo : essais préliminaires.

G.R. Mandimba*, M.M. Kangoni*, M. Bilémbolo* et Sachka Makosso*

Keywords: *Bradyrhizobium japonicum* — *Glycine max* — Inoculation — N fertilizer.

Résumé

Nous avons déterminé les rendements en gousses ou en grains du soja *Glycine max* cv. FN3 en utilisant deux méthodes différentes : la méthode chimique et la méthode biologique. La méthode chimique consiste à apporter des doses croissantes d'azote (0; 20; 40 et 80 kg/ha), et à déterminer les rendements en gousses en présence ou en absence de calcaire. Les rendements en gousses ne dépendent de la quantité d'azote apportée qu'en présence de calcaire. Il y a donc un effet de synergie entre l'azote et le calcaire. La méthode biologique consiste à introduire dans le sol, la souche efficace de *Bradyrhizobium japonicum* capable de noduler le soja. Aussi avons-nous inoculé le soja par quatre souches de *Bradyrhizobium japonicum* FA3; 3-40; SA1 et G3S. Les résultats obtenus montrent qu'il y a un effet d'inoculation qui se traduit par une augmentation significative de la nodulation, du poids sec des parties aériennes de la plante à la floraison, et des rendements en grains à la récolte. En revanche, toutes les quatre souches testées ne donnent pas les mêmes résultats dans nos conditions expérimentales. La souche G3S donne des rendements en grains voisins de ceux obtenus avec 100 U d'azote; elle est donc la plus efficace de la plus performante des quatre souches testées.

Summary

Field experiments were conducted to assess the response of soybean *Glycine max* cv. FN3 to N fertilization and inoculation respectively. In the first experiment, the effects of different levels of N fertilizer (0; 20; 40 and 80 kg N/ha) with or without liming were studied. Soybean pod yield were related to N fertilization only when liming was added to the soil. In the second one, the effects of four *Bradyrhizobium japonicum* strains FA3; 3-40; SA1 and G3S on nodulation and yields were also studied. Inoculation has significant effect on nodulation and plant top dry weight at full bloom, and seed yield at harvest when compared to the control. However, the *Bradyrhizobium japonicum* strains tested had various symbiotic effectiveness on *Glycine max* cv. FN3. In addition, soybean plants inoculated with G3S strain and those fertilized with 100 kg N/ha produced similar seed yield. Our study illustrated that G3S strain had the better adaptability in environmental conditions of Congo soil.

Introduction

L'engrais azoté commercial est aujourd'hui produit par la combinaison de l'azote atmosphérique avec l'hydrogène du gaz naturel (procédé Haber-Bosch). Le prix du fuel et du gaz influence directement le prix des engrais azotés qui va croissant. Dans ces conditions, les légumineuses et la fixation biologique de l'azote doivent prendre une nouvelle importance.

Les légumineuses présentent un intérêt particulier pour les pays en développement, signalé de longue date mais trop peu exploité; elles enrichissent le sol en azote, sont riches en protéines et contribuent donc à résoudre le problème du déficit protéique que connaissent les populations de ces pays. Le soja est particulièrement à signaler à ce propos.

Il a été prouvé que le soja est une des plus importantes sources protéiques végétales existantes (1, 13).

Son adaptabilité à tout type de sol et sa culture facile sont confirmées par la présence de cette plante dans les cinq continents, ainsi que sa bonne productivité dans les pays qui se sont adonnés à cette culture.

Les légumineuses comme le soja sont très importantes pour la balance azotée dans la nature (2, 4, 20, 22) parce qu'elles

utilisent l'azote ammoniacal soluble; celui-ci est produit à partir de l'azote gazeux de l'air par les bactéries du genre *Bradyrhizobium* généralement abondantes dans les sols tropicaux (10).

Ces bactéries infestent les racines de la plante-hôte qui en réaction, forme des nodosités sur ces racines (7). Dans ces nodosités, les rhizobium prolifèrent, absorbent l'air du sol par des mécanismes complexes réalisés par l'enzyme nitrogénase, et fixent l'azote de l'air qui est utilisé par la plante-hôte pour la synthèse des protéines.

Par ce mécanisme, les légumineuses satisfont dans de bonnes conditions de symbiose, l'essentiel de leur besoin en azote sans recourir à l'azote combiné du sol pour assurer leur croissance (7, 13, 17).

Il est également connu que les légumineuses ne poussent vigoureusement que lorsqu'elles possèdent des nodosités fonctionnelles, et ceci dans le cas où les racines ont pu trouver dans le sol, la souche de *Bradyrhizobium* appropriée (12, 17).

Dans la nature, les souches appropriées ou souches efficien-

* Laboratoire de Biotechnologie; Institut de Développement Rural (I.D.R.) Km 17, B.P. 13346, Brazzaville, Congo
Reçu le 23.04.90 et accepté pour publication le 27.06.91.

tes sont souvent rencontrées dans les sols où la légumineuse concernée est cultivée intensivement (31). Quand l'homme introduit une plante dans une région où elle n'a jamais poussé, le plus souvent, les souches efficaces sont absentes du sol. C'est pourquoi, quand une légumineuse pousse pour la première fois dans une nouvelle zone, il est indispensable de s'assurer que les souches de *Bradyrhizobium* appropriées y sont présentes; dans le cas contraire, il faut les apporter au sol.

Concernant le soja, seul *Bradyrhizobium japonicum* provoque la formation des nodosités efficaces en grand nombre sur les racines de cette plante (15, 17).

Les travaux menés à l'Institut de Développement Rural (I.D.R.) par nos prédécesseurs NDju Essaho, (19) et Sassi, (24) sur cette culture, ont montré de manière indirecte que *Bradyrhizobium japonicum* était absent dans nos sols, compte tenu du fait que la nodulation du soja restait faible et inefficace.

Or, le soja *Glycine max* L. est une plante appartenant à la famille des Légumineuses-Fabacées et donc, capable de former des nodosités efficaces sur ces racines. Nous savons par ailleurs que la dépense énergétique de la fixation symbiotique de l'azote est très élevée (30), et que lorsque l'on cultive une légumineuse sur un sol contenant de l'azote combiné, la plante «réalise des économies» en absorbant préférentiellement cet azote présent dans le sol (5, 6, 14).

Deux possibilités s'offraient donc à nous :

- soit cultiver le soja comme on l'aurait fait pour une céréale quelconque, en apportant de l'engrais azoté à la plante;
- soit cultiver le soja en apportant au sol la souche de *Bradyrhizobium japonicum* efficace: en inoculant le soja par *Bradyrhizobium japonicum*.

Matériel et méthodes

Expérience 1 : Méthode chimique.

La première méthode a fait l'objet d'une expérimentation réalisée pendant la campagne agricole 1983-1984, et au cours de laquelle nous avons étudié l'influence de la fertilisation azotée, du chaulage et du précédent cultural sur les rendements en gousses du soja (*Glycine max* L.).

En effet, les effets de la fumure azotée sur le soja sont connus (14, 26). Le soja répond aux apports d'azote et on obtient des rendements élevés en apportant 150 U d'azote ou plus (26). Cependant, les doses de 75 U d'azote augmentent les rendements de certains cultivars; et c'est dans ce contexte que nous avons initié notre étude.

Aussi avons-nous choisi deux terrains à l'Institut de Développement Rural, situé à 17 Km de Brazzaville, sur la route Nationale n°1, dont :

- le premier avait abrité une culture de soja pendant la campagne agricole 1982-1983, et a constitué pour notre expérimentation le sol avec précédent cultural soja (APS).
- le second n'avait jamais abrité de culture de soja, mais les cultures d'arachide et de maïs avaient été pratiquées les années précédentes par les populations rurales avoisinantes, et a constitué pour notre expérimentation le sol sans précédent cultural soja (SPS).

Sur chaque terrain, le dispositif expérimental adopté est celui en blocs de Fischer, comportant deux parties: une chaulée (AC); une non chaulée (SC). Chaque partie était constituée de trois blocs comprenant quatre traitements qui sont les suivants: 0; 20; 40 et 80 U d'azote. Chaque traitement est donc répété trois fois sur des parcelles élémentaires de 4m x 3m. L'azote a été apporté sous-forme d'urée. Tous les traitements ont reçu chacun 20 U de P₂O₅ et 20 U de K₂O; les parcelles chaulées (AC) ont reçu 2 t/ha de chaux.

Expérience 2 : Méthode biologique.

La deuxième méthode consiste à introduire dans le sol, la souche de *Bradyrhizobium japonicum* initialement absente, et capable de noduler efficacement le soja.

Aussi avons-nous testé quatre souches de *Bradyrhizobium japonicum* FA3; 3-40; SA1 et G3S pour retenir celles qui convenaient le mieux à nos conditions expérimentales.

Nous avons choisi un terrain selon les normes de la FAO concernant les essais d'inoculation de légumineuses à savoir :

- le terrain d'essai ne doit pas avoir reçu depuis deux ans de la fumure azotée, ni d'importantes quantités de matières organiques (paille enfouie, fumier, défriche récente);
- le terrain d'essai ne doit pas avoir servi à un premier test d'inoculation de la légumineuse concernée;
- le milieu environnant le terrain d'essai doit être plat, la surface doit être la plus homogène possible, sans affleurement rocheux et ne présentant ni arbre ni arbuste.

Le précédent cultural de notre terrain d'essai était une culture de maïs (campagne 1981-1982); laissé en friche jusqu'à la mise en place de notre expérimentation.

Les quatre souches de *Bradyrhizobium japonicum* utilisées dans notre essai, nous ont été fournies par l'Unité de Production d'Inoculum pour Légumineuses du Zaïre (UPIL-Zaïre) et avaient au départ une concentration de 10⁹ bactéries par gramme de tourbe.

La technique d'inoculation utilisée est celle de l'enrobage des semences au moment du semis, telle que recommandée par l'UPIL-Zaïre.

Le dispositif expérimental adopté est un essai en blocs aléatoires complets (randomized complete blocks) ayant six traitements (Tableau n°1) et quatre répétitions par traitement. Les traitements ont été conçus selon les recommandations de l'UPIL-Zaïre. Tous les traitements ont reçu 2 t/ha de chaux

TABLEAU 1
Composition des six traitements de l'essai

Traitements	Souches de <i>Bradyrhizobium japonicum</i>	Doses d'unité fertilisante (kg/ha)		
		N	P205	K2O
Témoin absolu (T0)	-	0	0	0
Témoin azoté (T1)	-	100	50	50
T2	FA3	0	50	50
T3	3-40	0	50	50
T4	SA1	0	50	50
T5	G3S	0	50	50

- Le traitement T0 n'a reçu ni souche de *Bradyrhizobium japonicum*, ni fumure minérale (méthode UPIL-Zaïre).
- Le traitement T1 n'a pas reçu de souche bactérienne, mais a reçu 100 U d'azote et une fumure minérale.
- Les traitements inoculés T2; T3; T4 et T5 ont reçu chacun une souche bactérienne et une fumure minérale.

La composition des six traitements est représentée dans le tableau n°1.

La plante et son environnement

Pour les deux expérimentations, nous avons utilisé les semences de soja *Glycine max* cv. FN3, qui nous ont été fournies par le Centre de Vulgarisation de Techniques Agricoles (C.V.T.A.) de Kombé.

Cette variété d'origine chinoise est caractérisée par un port lianiforme, aux nombreuses ramifications, à entre-nœuds relativement longs. La tige, les feuilles et les gousses sont couvertes de poils fins (24).

Les graines sont petites et de couleur jaune. Cette variété, adaptée aux conditions écologiques de Kombé, a un cycle végétatif de 80 à 90 jours suivant les conditions climatiques. Les sols de la zone IDR-CVTA-Kombé sont des sols ferrallitiques fortement désaturés sur matériaux argilo-sableux issus des grès de l'Inkissi (8), dont l'analyse granulométrique révèle environ 65% de sable et 26% d'argile, à pH acide (pH = 4,7).

Cette zone est caractérisée par une hauteur pluviométrique annuelle comprise entre 1600 et 1700 mm d'eau, et jouit des températures annuelles comprises entre 23 et 26°C. L'humidité relative est de l'ordre de 78% et la durée de l'insolation moyenne est de 173,5 heures.

Résultats et discussion

Expérience 1.

Les résultats de cette expérimentation sont consignés dans le tableau n°2, et montrent que les rendements dépendent dans nos conditions expérimentales de la fumure azotée d'une manière générale, et ceci quelque soit le traitement. C'est l'effet azote.

Cependant, le traitement sans précédent cultural soja et sans calcaire (SPS-SC), a un comportement différent des autres dans la mesure où :

- les rendements obtenus avec 20 U d'azote, sont inférieurs à ceux obtenus avec le traitement non azoté (0 U d'azote) ;
- les rendements obtenus avec 80 U d'azote ne sont pas différents de ceux obtenus avec 40 U d'azote (Tableau n°2).

TABLEAU 2
Rendements en gousses à la récolte. Expérience 1.

Azote (kg/ha)	Traitements			
	APS-AC	APS-SC	SPS-AC	SPS-SC
0	847 a	892 a	1370 a	1145 a
20	1005 ab	995 ab	1540 b	867 b
40	1125 bc	1002 b	1717 c	1045 ac
80	1405 c	1300 c	1965 d	1055 acd

Les chiffres portant la même lettre dans chaque colonne, ne sont pas significativement différents au seuil 5%.

A.C. = chaulé; S.C. = non chaulé; A.P.S. = Avec Précédent Soja et S.P.S. = Sans Précédent Soja.

Cette irrégularité observée sur les rendements au cours de notre expérimentation, pourrait s'expliquer par le fait que la nutrition azotée du soja au cours des différents stades de développement a dû être perturbée par une acidification du milieu ayant entraîné un déséquilibre entre l'absorption de l'azote et celle des autres éléments minéraux du sol (Fig. n°1); et des observations analogues ont été rapportées par Edmeades et al., (9) et van Kessel et Roskoski (28).

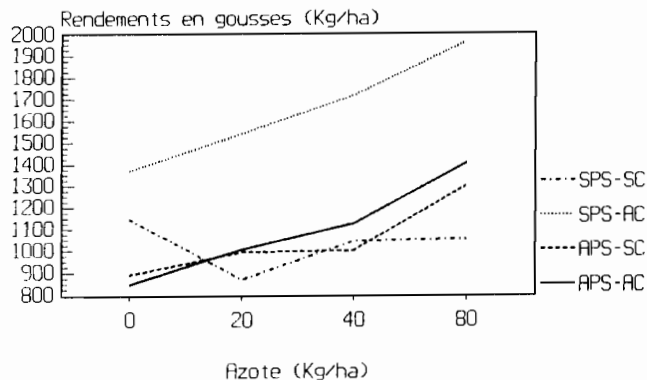


Figure 1 — Courbes des rendements en gousses. Expérience 1.

Par contre, quand on regarde la figure n°1, on se rend compte que l'effet du calcaire est incontestable, dans la mesure où les meilleurs rendements ont été observés sur les parcelles chaulées (Tableau n°2).

C'est que le chaulage en relevant le pH du sol, comme l'ont montré Mallouhi et Jutras (16), a permis une meilleure expression de l'effet azote. Il y aurait donc eu dans nos conditions expérimentales, un déséquilibre entre l'absorption de l'azote et celle des autres éléments minéraux du sol. Nos observations sont conformes avec celles faites sur les graminées par Edmeades et al., (9); sur le pois par Simon et Skrdleta (25); sur l'orge et le trèfle par Müller (18) et sur le maïs et le niébé par van Kessel et Roskoski (28).

Par ailleurs, les rendements en gousses obtenus avec le traitement SPS-AC sont supérieurs à ceux des traitements APS-AC (Fig. n°1). Ces différences seraient dues à une plus forte exportation des éléments minéraux du sol par le précédent cultural soja.

Ces résultats posent le problème des rotations culturales pour les agriculteurs de notre pays qui voudraient produire du soja.

Expérience 2.

Les résultats de cette expérimentation sont consignés dans le tableau n°3. Ils montrent que l'inoculation du soja par la souche efficiente de *Bradyrhizobium*, a permis l'établissement d'une symbiose efficiente marquée par une nodulation élevée des traitements inoculés.

La nutrition azotée du soja s'est faite par le biais de la fixation symbiotique de l'azote. Cet azote fixé a permis un bon développement végétatif de la plante; ce qui explique :

- la coloration des feuilles satisfaisante (critère utilisé à titre indicatif);
- le poids sec élevé des parties aériennes dans la mesure où les traitements inoculés se comportent de la même façon que le traitement azoté c'est-à-dire ayant reçu

TABLEAU 3
Résultats des observations à la floraison et à la récolte. Expérience 2.

Paramètres Traitements	A LA FLORAISON			A LA RECOLTE	
	Couleur du feuillage	Nombre de nodosités/10 plants	Poids sec des parties aériennes (g/10 plants)	Rendements en grains (kg/ha)	Teneur en protéines des graines (%)
Témoin absolu (T0)	3	36,50 a	18,22 a	1109,06 a	41,12 a
Témoin azoté (T1)	4,75	29,25 a - 19%	23,55 ab + 29%	2123,75 b + 91%	42,10 a
Souche FA3 (T2)	3,5	119,25 b + 228%	21,62 ab + 18%	1542,50 ab + 39%	42,23 a
Souche 3-40 (T3)	3,25	107,00 b + 193%	22,97 ab + 26%	1649,06 ab + 48%	41,12 a
Souche SA1 (T4)	3,25	123,25 b + 237%	20,25 ab + 11%	1203,12 ab + 8%	40,79 a
Souche G3S (T5)	4	151,00 b + 313%	29,60 b + 62%	1979,06 b + 78%	43,58 a

Les signes + ou - indiquent respectivement le taux d'augmentation ou de diminution par rapport au témoin absolu.

100 U d'azote; ces deux types de traitements (inoculés et azotés) étant supérieurs au témoin absolu (T0).

Par contre, ce bon développement végétatif n'a pas entraîné de bons rendements dans nos conditions expérimentales, l'augmentation variant entre 8 et 78% par rapport au témoin absolu.

C'est que les moyennes des précipitations pendant les trois mois du cycle cultural (de décembre 1985 à février 1986) ont présenté un déficit hydrique de 23% par rapport aux moyennes décennales d'une part et que d'autre part, ce déficit hydrique est passé à 55% pendant les deux mois les plus critiques du cycle cultural (janvier et février 1986) correspondant aux stades floraison, formation et remplissage des gousses de la variété de soja utilisée.

Par ailleurs, cette sécheresse expliquerait la faible nodulation observée dans notre essai, ce qui est en accord avec les observations faites sur le soja par Smith et al. (27), et il est fort probable que beaucoup de nodosités soient restées dans le sol lors des prélèvements des racines au stade floraison.

On peut aussi penser que les souches de *Bradyrhizobium japonicum* utilisées dans notre essai, ont été sensibles au «stress hydrique», avec une sensibilité plus marquée pour les souches FA3; 3-40 et SA1; cette dernière étant encore plus sensible que les deux autres précédemment citées (Tableau n°3).

En revanche, la souche G3S donne des résultats satisfaisants dans la mesure où ils sont voisins de ceux obtenus en utilisant 100 U d'azote.

Nos observations confirment que l'établissement de la

symbiose entre *Bradyrhizobium japonicum* et *Glycine max*, dépend bel et bien des interactions entre le microsymbiote, le macrosymbiote et l'environnement comme l'ont montré Reyes et Schmidt (21) sur le soja, Beunard et Michellon (3) et Vargas et Graham (29) sur le haricot, et Rupela et Sudarshana (23) sur le pois chiche.

Enfin, nous n'avons observé aucune différence sur la teneur en protéines des graines issues des différents traitements (Tableau n°3). En effet, cette similitude observée sur la teneur en protéines des graines est tout simplement liée au mécanisme de redistribution de l'azote chez le soja comme l'ont montré Herridge et al. (14) et Warembourg et al. (30).

Conclusion

Notre objectif était de savoir jusqu'où on pouvait aller pour produire le soja, dans les conditions écologiques de Kombé; et nos résultats expérimentaux mettent en évidence l'importance du chaulage qui permet l'expression de l'effet azote.

Pour les agriculteurs congolais, la production du soja par voie chimique est possible, mais il faut de grandes quantités d'engrais azotés pour obtenir des rendements élevés; ce qui serait une solution très onéreuse pour les pays en voie de développement comme le nôtre.

Par ailleurs, l'effet souche est également évident, et montre que l'inoculation du soja par *Bradyrhizobium japonicum* est la meilleure solution pour nos agriculteurs, à condition de s'assurer des bonnes conditions climatiques. Ces premiers résultats sont prometteurs et nous encourageant à continuer nos travaux dans ce sens.

Références bibliographiques

- Bailey L.D. & Grant C.A., 1989. Comparative yield and chemical composition of soybean and fababean grown on chernozemic soils on the canadian prairies. *Comm. in Soil Sci. Plant Anal.*, **20** (11&12): 1145-1161.
- Becker M., Latha J.K., Watanabe I & Ottow J.C.G., 1988. Seeding vs. vegetative propagations of the stem-nodulation green manure *Sesbania rostrata*. *Biol. Fertil. Soils*: **6**: 279-281
- Beunard P. & Michellon R., 1986. Effet de l'inoculation du haricot par deux souches de *Rhizobium phaseoli*. *Agronomie Tropicale*; **41**(2) 128-132.
- Caudle N., 1990. Legume green manures: A potential substitute for fertilizer in maize. *Internat. AG-SIEVE*: vol. **3**: 7
- Cowie A.L., Jessop R.S. & MacLeod D.A., 1990a. Effect of soil nitrate on the growth and nodulation of winter crop legumes. *Aust. J. Expl. Agric.*, **30**: 651-654.
- Cowie A.L., Jessop R.S., MacLeod D.A. & Davis G.J., 1990b. Effect of soil nitrate on the growth and nodulation of lupins (*Lupinus angustifolius* and *L. albus*). *Aus. J. Expl. Agric.*, **30**: 655-659.
- Dénarié J. & Truchet G., 1979. La symbiose *Rhizobium* Légumineuses: rôles respectifs des partenaires. *Physiol. Vég.*; **17**(4): 643-667
- Denis B., 1974. Carte Pédologique. Feuille de Brazzaville-Kinkala au 1/200.000; ORSTOM.
- Edmeades D.C., Judd M. & Sarathchandra S.U., 1981 The effect of

- lime on mineralization as measured by grass growth. *Plant and Soil*; **60**: 177-186.
10. Elkan G.H., 1981. The taxonomy of Rhizobiaceae. In *Biology of the Rhizobiaceae*. Eds. K.L. Giles and A.G. Atherly, pp 1-14. *Internat. Rev. Cytol., Suppl.* 13, Academic Press, New York.
 11. George T., Ladha J.K., Garrity D.P. & Buresh R.J., 1990. Conservation and use of soil and atmospheric nitrogen through legumes in lowland rice-based cropping systems. In: *Transactions 14th International Congress of Soil Science, Kyoto, Japan*; vol. **3**: 140-145.
 12. Hansen A.P., Peoples M.B., Gresshoff P.M., Atkins C.A., Pate J.S. & Carroll B.J., 1989. Symbiotic performance of supernodulating soybean (*Glycine max* L.) Merrill mutants during development on different nitrogen regimes. *J. Exp. Bot.*; **40**(216): 715-724.
 13. Hardy R.W.F. & Havelka U.D., 1975. Nitrogen fixation research: a key to world food? *Science*, 188: 633-643.
 14. Herridge D.F., Roughley R.J. & Brockwell J., 1984. Effect of rhizobia and nitrate on the establishment and functioning of the soybean symbiosis in the field. *Aust. J. Agric. Res.*; **35**: 149-161
 15. Keyser H.H., van Berkum P. & Weber D.F., 1982. A comparative study of the physiology of symbiosis formed by *Rhizobium japonicum* with *Glycine max*, *Vigna unguiculata* and *Macroptilium atropurpureum*. *Plant Physiol.*; **70**: 1626-1630.
 16. Mallouhi N. & Jutras P., 1987. Influence des amendements calcaire et organique sur le rendement de l'arachide en sol dégradé au Sénégal. *Tropicultura*; **5**(4): 147-152.
 17. Mirza N.A., Bohlool B.B. & Somasegaran P., 1990. Non-destructive chlorophyll assay for screening of strains of *Bradyrhizobium japonicum*. *Soil Biol. Biochem.*; **22**(2): 203-207.
 18. Müller M., 1988. The fate of clover-derived nitrogen (^{15}N) during decomposition under field conditions: Effects of liming and fertilization. *Plant and soil*; **111**: 121-126.
 19. NDju Essaho, 1983. Contribution à l'étude de la solubilité des phosphates naturels en milieu naturel sur la culture du soja (*Glycine max* L.) et l'arachide (*Arachis hypogaea* L.). Mémoire I.D.R.; Université Marien Ngouabi, Brazzaville, Congo.
 20. Oyer L.J. & Touchton J.T., 1990. Utilizing legume cropping systems to reduce nitrogen fertilizer requirements for conservation-tilled corn. *Agron. J.*; **82**(6): 1123-1127
 21. Reyes V.G. & Schmidt E.L., 1981. Population of *Rhizobium japonicum* associated with the surfaces of soil-grown roots. *Plant and Soil*; **60**: 71-80.
 22. Roger P.A. & Ladha J.K., 1990. Estimation of biological N_2 fixation and its contribution to nitrogen balance in wetland rice fields. In: *Transactions 14th International Congress of Soil Science, Kyoto, Japan*; vol. **3**: 128-133.
 23. Rupela O.P. & Sudarshana M.R., 1990. Displacement of native rhizobia nodulating chickpea (*Cicer arietinum* L.) by an inoculant strain through soil solarization. *Biol. Fertil. Soils*; **10**: 207-212.
 24. Sassi E.M., 1983. Contribution à l'étude du comportement du soja (*Glycine max* L.) au Congo. Mémoire I.D.R.; Université Marien Ngouabi, Brazzaville, Congo.
 25. Simon J. & Skrdleta V., 1983. Biomass production in peas (*Pisum sativum* L.) and broad beans (*Vicia faba* L.) and symbiotic dinitrogen fixation as affected by ploughing or no-tillage and nitrogen fertilizer. *Soil & Tillage Res.*; **3**: 375-376.
 26. Sinha S.K., 1980. Légumineuses alimentaires: répartition, adaptation, biologie du rendement. Doc. Organisation des Nations Unies, FAO, Rome.
 27. Smith D.L., Dijk M. & Hume D.J., 1988. The effect of water deficit on N_2 (C_2H_2) fixation by white bean and soybean. *Can. J. Plant Sci.*; **68**: 957-967.
 28. van Kessel C. & Roskoski J.P., 1988. Row spacing effects on N_2 -fixation, N-yield and soil N uptake of intercropped cowpea and maize. *Plant and Soil*; **111**: 17-23.
 29. Vargas A.A.T. & Graham P.H., 1988. *Phaseolus vulgaris* cultivar and *Rhizobium* strain variation in acid-pH tolerance and nodulation under acid conditions. *Field Crop Res.*; **19**: 91-101
 30. Warembourg F.R., Haegel B., Fernandez M. & Montange D., 1984. Distribution et utilisation des assimilats carbonés en relation avec la fixation symbiotique de l'azote chez le soja (*Glycine max* L. Merrill). *Plant and Soil*; **82**: 163-178.
 31. Weaver R.W., Frederick L.R. & Dumenil L.C., 1972. Effect of soybean cropping and soil properties on number of *Rhizobium japonicum* in Iowa soils. *Soil Sci.*; **114**: 137-141

G.R. Mandimba: Congolais. Ingénieur en Sciences Agronomiques (Microbiologie des Sols), Maître-Assistant à l'Université Marien Ngouabi.

M.M. Kangoni: Zaïrois, Ingénieur de Développement Rural

M. Bilémbolo: Congolais, Ingénieur de Développement Rural

Sachka Makosso: Bulgare, Docteur en Sciences Agronomiques (Fertilisation) et Maître-Assistant à l'Université Marien Ngouabi