

CONTRIBUTION A L'INOCULATION BACTERIENNE AU CHAMP
DE L'ARACHIDE (Arachis Hypogaea) ET DU SOJA (GLYCINE MAX)
AU SENEGAL

Par Mamadou NDIAYE
Chercheur ISRA CNRA Bambey

COMMUNICATION PRESENTEE AU SEMINAIRE "AMELIORATION BIOLOGIQUE DE LA FERTILITE
DU SOL"

DAKAR - SENEGAL, 19 - 25 MARS 1986.

R E S U M E

En vue d'améliorer ou d'induire la fixation symbiotique d'azote deux essais d'inoculation bactérienne ont été implantés à Louga (zone soudano-sahélienne) et à Séfa (zone sub-guineenne).

L'inoculation de l'arachide (Arachis hypogaea) avec la souche CB 756 à Louga, améliore la nodulation, l'activité fixatrice d'azote (réduction de C_2H_2) et le rendement en gousses. Mais son effet sur la fixation est atténué par l'apport de compost de pailles de mil utilisé comme support de l'inoculum.

L'inoculation du soja (Glycine max) avec la souche G3 à Séfa, marque très favorablement la nodulation mais n'accroît pas le rendement en graine de manière significative. Par contre on note une action synergique entre l'inoculation et le fumier qui se traduit par des accroissements significatifs de la nodulation et du rendement (+ 629 kg/ha soit + 47 %).

Ces essais ont permis de mettre en évidence l'intérêt de l'inoculation de l'arachide dans les zones à activité biologique réduite et l'importance de l'inoculation du soja dans les sols dépourvus de Rhizobium spécifiques.

L'inoculation pourrait être réalisée au moyen d'un support organique de type fumier apporté dans le poquet dans le cas des semis manuels ou sous forme de granulés dans le cas des semis mécaniques.

I - INTRODUCTION :

L'arachide et le Soja possèdent comme la plupart des légumineuses deux systèmes différents d'assimilation d'azote :

- L'absorption des nitrates du sol et leur réduction grâce à une enzyme la nitrate réductase.

- La fixation biologique de N₂ grâce une symbiose avec des bactéries du sol : les Rhizobium qui possèdent l'enzyme (la nitrogenase), catalysant la réduction de N₂ en NH₃.

Le premier mode d'assimilation est assuré par l'azote provenant soit de la fertilisation, soit de la minéralisation de la matière organique du sol. Ce sont l'une et l'autre des sources limitées.

Par contre, la fixation utilise une source d'azote inépuisable (l'air contenant 80% de N₂).

Or les sols des régions tropicales sèches sont généralement déficients en azote et possèdent une teneur en matière organique faible (PILLAY et MANET, 1972) ; en plus les engrais azotés coûtent très chers par rapport au prix du produit, d'une part.

D'autre part, les légumineuses exportent à la récolte des quantités importantes d'azote : l'arachide pour un rendement de 2 000kg gousses/ha exporte 80kg N/ha (GERDAT-BOUAKE ; 1976) et le Soja, pour un rendement de 2 500kg graines/ha utilise 200kg N/ha dont 135 à 150kg N/ha sont exportés dans les graines (HINSON et HARTWIG, 1977).

On conçoit alors que toute action tendant à favoriser la fixation symbiotique de N₂ par rapport à l'utilisation de l'azote minéral, est un moyen d'économiser les engrais azotés et de maintenir la fertilité des sols.

Notre action sur la biomasse rhizobiale a porté sur deux aspect :

- L'amélioration de la fixation symbiotique N₂ dans les sols à activité biologique réduite où il s'agit d'introduire une souche de Rhizobium plus efficiente que celles natives : cas de la culture de l'arachide à Louga (zone Soudano-Sahélienne).

-L'introduction de la biomasse rhizobiale dans les sols dépourvus de Rhizobium spécifiques pour les légumineuses récemment introduites : cas la culture du Soja à Séfa (zone Sub-Guinéenne).

II - MATERIEL ET METHODES :

21 - Matériel utilisé :

Sols :

Nous avons réalisé notre expérimentation sur deux types de sols :

- Le sol de Louga (Nord du Sénégal) de type "Dior" (Ferrigineux tropical lessivé).

- Le sol de Séfa (Sud du Sénégal) de type "Beige".

Nous n'avons pas effectué les analyses de ces sols, mais nous avons utilisé leurs caractéristiques tirées des travaux de CHARREAUX et Nicou (1971) qui sont indiquées dans le tableau 1.

Légumineuses :

Nous avons utilisé deux légumineuses :

- Une variété d'arachide (Arachis Hypogaea) 55-437 fournie par le Centre National de Recherches Agronomiques de Bambey-Sénégal, de type spanish, ayant un cycle à maturité de 90 jours et cultivée dans les zones Nord et centre Nord.

- Une variété de Soja (Glycine max) JUPITER; d'origine Américaine, ayant un cycle à maturité de 90-100 jours et relativement bien adaptée dans la zone Sud.

Rhizobium :

Deux souches de Rhizobium ont été utilisées :

- La souche CB 576 appartenant au groupe des Rhizobium cowpea, fournie par le laboratoire de Microbiologie de l'INRA-DIJON-FRANCE.

- La souche G3 du Rhizobium japonicum, d'origine Américaine fournie également par le laboratoire de Microbiologie de L'INRA - Dijon - France.

Supports bactériens :

- Pour la souche CB 756, nous avons utilisé un compost fabriqué à partir de la paille de mil (Pennisetum thyphoides) hachée, ayant subi une fermentation de 6 mois et tamisée sur mailles de 2mm.

- Pour la souche G3, un compost de coques d'arachide fourni par le laboratoire de Biochimie des sols du C.N.R.A de Bambey-Sénégal a été utilisé.

22 - Méthodes :

221 - Expérience 1 : Inoculation de l'arachide avec CB 756 à Louga.

- Dispositif expérimental :

Nous avons utilisé un dispositif de type Split-Plot comportant 2 traitements principaux : inoculé et non inoculé, avec 6 répétitions. Les parcelles, d'une superficie de 108m² (20m x 5,4m) chacune, sont séparées par des allées de 2m et les blocs par des allées de 4m.

Chaque parcelle est subdivisée en deux sous-parcelles égales : une recevant du compost (A) et l'autre m'en recevant pas (S).

Nous avons apporté une fumure minérale 8-18-27 (N-P-K) à raison de 150kg/ha

Méthode d'inoculation :

Nous avons utilisé deux techniques d'inoculation :

- Pour la sous-parcelle S (sans compost), une suspension de Rhizobium renfermant 10⁹ bactéries/ml, a été pulvérisée (pulvérisateur à dos) au sol puis enfouie rapidement par binage manuel au moment du semis.

- Pour la sous-parcelle A (avec compost), le compost est enrichi en inoculum de CB 756 (10⁹ bactéries/ml), de manière à avoir une humidité de 60%.

Ce compost enrichi a été apporté à raison de 7g par poquet de semis (500kg M.S/ha).

Les traitements témoin A (avec compost) ont reçu le même type de compost non bactérisé ramené à la même humidité avec de l'eau distillée et à la même dose.

Semis :

Nous avons effectué un semis manuel en apportant une graine par poquet. Les écartements ont été de 0,45m entre deux lignes et de 0,15m sur une ligne.

TABLEAU 1 : Principales caractéristiques des sols "Dior" et "Beige"

CARACTERISTIQUES		SOL "DIOR"			SOL "BEIGE"		
Profondeur en cm		0-10	10-17	30-35	0,10	10-20	20-60
Terre fine %		100	100	100	100	100	100
Granulomé- trie	Matière organique	0,5	0,3	0,4	3,0	0,4	0,4
	Argile	3,4	4,0	5,4	11,0	12,5	21,0
	Limon	0,5	0,4	0,9	3,0	3,2	3,2
	Sables fins	73,3	74,4	72,8	50,0	50,4	41,6
	Sables grossiers	20,3	21,0	21,0	33,0	33,5	33,9
Humidité de la terre %	à Pf						
	4,2	1,6	1,5	2,0	5,2	3,8	6,9
	à Pf						
	3,0	2,8	2,3	3,0	9,6	6,7	9,3
Carbone total %		2,90	1,60	1,30	17,50	2,81	2,15
Azote total %		0,23	0,14	0,13	1,08	0,40	0,26
Cations	Ca	0,45	0,20	0,35	2,52	1,09	0,48
	Mg	0,35	0,45	0,25	0,50	0,44	0,50
	K	0,05	0,50	0,04	0,06	0,02	0,03
échangeables	Na	0,10	0,07	0,06	0,15	0,09	0,14
	Somme	0,95	0,77	0,70	3,23	1,25	1,16
meq/100g	T	2,00	2,05	2,40	6,40	3,06	2,66
	V%	47	37	29	51	54	44

Mesures :

Dans chaque sous-parcelle, nous avons prélevé à 31, 62, 78 jours après le semis, 12 plantes sur lesquelles nous avons déterminé le poids frais de nodules, le poids sec des parties aériennes et mesuré l'activité fixatrice d'azote par la méthode de réduction à l'acétylène (HARDY et COLL, 1968). A la récolte, les rendements à l'hectare en gousses et en fanes ont été estimés.

Nous avons, enfin relevé la pulviométrie de Louga au cours de l'expérience.

222 - Expérience 2 : Inoculation du Soja avec G3 à Séfa.

Dispositif expérimental :

Le dispositif utilisé de type bloc de Fisher comportant 5 traitements et 6 répétitions. Les traitements sont indiqués ci-dessous.

- 1 - Non inoculé sans fumier
- 2 - Fumier seul
- 3 - Inoculation avec G3 seule
- 4 - Fumier + inoculation avec G3
- 5 - 100kg N/ha (urée).

Les parcelles d'une superficie de 48m² (4,8m x 10m) sont séparées par des allées de 7m et les blocs sont séparés par des allées de 4m.

Toutes les parcelles sont labourées en sec à l'aide d'une charrue à traction bovine sur une profondeur de 25 - 30cm.

Une fumure forte N-P-K d'un engrais 8-18-27 a été apportée à raison de 150kg/ha sur toutes les parcelles. Les parcelles du traitement 5 ont reçu en plus, la dose de 100kgN/ha, sous forme d'urée, fractionnée en 30N au semis, 30N au 25e et 40N au 45e jour, après semis.

Pour les traitements 2 et 4, un fumier d'étable a été apporté à raison de 10 tonnes de matière sèche à l'hectare.

Méthode d'inoculation :

Nous avons utilisé le compost de coques d'arachide mélangé à une suspension de la souche de Rhizobium G3 renfermant 10⁹ bactéries/ml, de manière à avoir un produit final à 50% d'humidité. Le compost bactérisé a été mis en contact direct avec les graines dans la raie de semis à raison de 5g/poquet correspondant à 300kg de M.S/ha.

Semis :

Nous avons apporté, sur une raie de semis de 5cm de profondeur, 3 graines par poquet (démariage à un pied à la levée) à une densité de 0,40m sur 0,40m.

Mesures :

Dans chaque parcelle, nous avons prélevé, au 75e jour après semis, 10 plantes sur lesquelles, nous avons déterminé le nombre et le poids sec de nodules.

A la récolte le rendement en graines à l'hectare, a été estimé.

III - RESULTATS - DISCUSSIONS :

31 - Expérience 1 :

Aperçu pluviométrique à Louga : L'histogramme des pluies tombées durant le cycle de la variété (Fig-1) montre que le mois d'Août 1976 a été relativement bien pluvieux ; ce qui a permis un démarrage normal de la végétation. Mais la Sécheresse intervenue dès la troisième décennie d'Août jusqu'à la deuxième décennie de Septembre a été à l'origine de l'arrêt du développement végétatif.

Nodulation : L'inoculation a eu un effet favorable sur la nodulation (Fig-2). Nous notons une supériorité très nette du traitement inoculé sur le témoin non inoculé, quelle que soit la technique d'inoculation. Cependant, le poids frais de nodules continue à croître jusqu'au 75e jour avec l'apport de compost ; par contre il décroît vers la fin du cycle en absence de compost. En effet, en plus des fonctions minérale et d'amendement, la matière organique possède une fonction d'activation biologique par sa teneur élevée en carbone facilement métabolisable par le Rhizobium (DENARIE, 1968) ce qui pourrait expliquer le développement continu du poids frais de nodules sur les traitements ayant reçu du compost.

Activité fixatrice d'azote : (réduction de C_2H_2).
L'inoculation a amélioré la fixation. Deux cas sont à envisager (Fig-3).

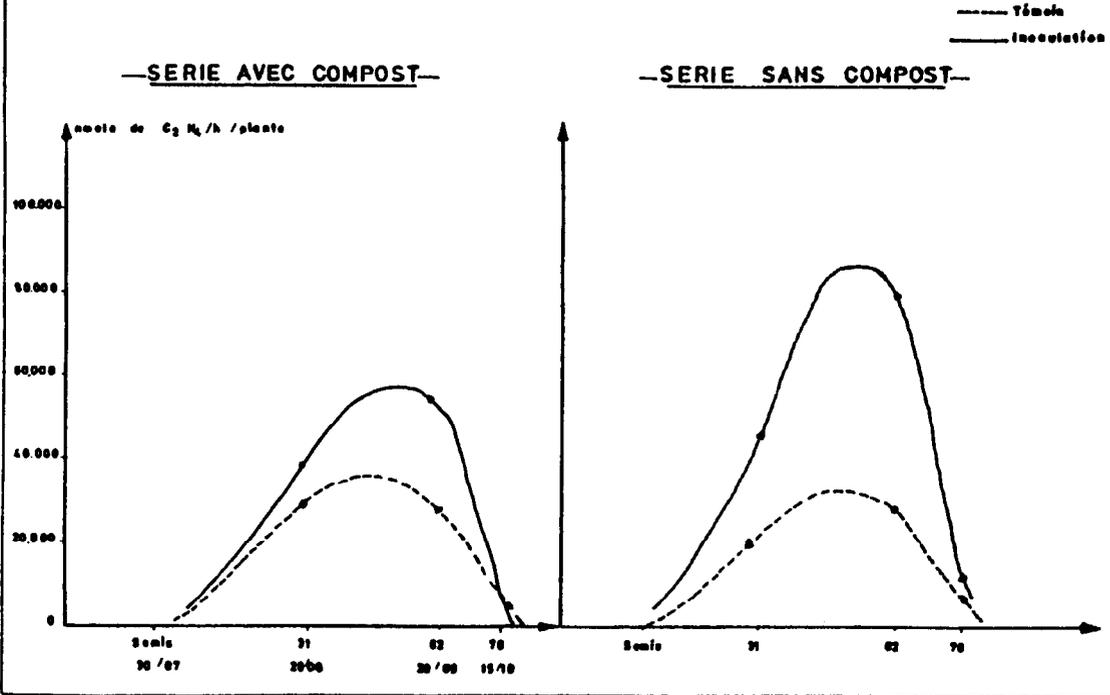
- En présence de compost l'inoculation double l'activité nitrogenasique par rapport au témoin. Nous notons au 62e jour après semis, au augmentation de 25 micromoles de C_2H_4 /h/plante soit + 91%.

-En absence de compost, l'inoculation entraîne une augmentation de 47 micromoles de C_2H_4 /h/plante soit + 172%.
Nous remarquons donc que l'effet de l'inoculation sur l'activité fixatrice d'azote (réduction de C_2H_2) est plus manqué lorsque l'inoculum est apporté sans compost. Ce résultat pourrait trouver une explication dans la minéralisation du compost (servant de support bactérien) qui serait à l'origine d'une libération d'azote minéral inhibiteur de la fixation. Cet effet inhibiteur de l'azote minéral a été déjà mis en évidence (OGHOGORIE et PATE, 1971).
L'hypothèse selon laquelle le compost constitue un engrais organique "compatible" avec le système symbiotique n'est pas démontrée. En effet le compost a inhibé l'activité fixatrice de N_2 (réduction de C_2H_2) soit par répression de la synthèse de la nitrogenase chez le Rhizobium (EVANS et NASON, 1953; OGHOGORIE et PATE, 1971; RIGAUD, 1975) soit par compétition vis à vis des sources d'énergie dans la plante entre la réaction de réduction de N_2 et celle des nitrates (HARDY et HAVELKA, 1973).

FIG. 3

- EFFET DE L'INOCULATION SUR L'EVOLUTION DE LA FIXATION [C₂H₂] -

- SUR L'ARACHIDE LOUGA - (NORD-SENEGAL)



Croissance de la plante : Il n'y a pas de différences significatives entre les traitements en ce qui concerne le poids sec des parties aériennes aux stades avancés du cycle de la plante. Cependant au 45^e jour après semis, les observations qualitatives qui consistaient à attribuer une note de 1 à 5 à chaque traitement, selon le développement des parties aériennes et la couleur du feuillage, mettaient en évidence un effet positif de l'inoculation comparée au témoin. La sécheresse intervenue en pleine floraison a probablement provoqué un ralentissement du développement végétatif et ce, de manière plus accentuée sur les parcelles inoculées ; ce qui a dû réduire les différences de croissance entre les traitements.

Rendements : L'inoculation de l'arachide avec la souche de Rhizobium introduite CB 756 a induit des augmentations de rendement de + 11% et + 16% pour les gousses, + 20% et 21% pour les fanes, respectivement avec et sans compost (tableau-2, Fig-4). Ces résultats sont similaires à ceux obtenus par JAUBERT (1951 et 1952) qui avait obtenu une augmentation de rendement en gousses sur l'arachide de + 13% dans le Nord du Sénégal à Louga. Ces augmentations de rendement semblent indiquer que la souche CB 756 possède de potentialités fixatrices supérieures à celles des souches natives ; mais la compétitivité exercée pour les souches natives est telle qu'il est difficile d'augmenter les rendements de manière très significative.

32 - Expérience 2 :

Nodulation :

L'inoculation augmente de manière significative le nombre et le poids sec de nodules par plante (tableau-3) avec un effet plus marqué en présence de fumier. Nous avons compté en moyenne 1 nodule par plante en absence d'inoculation, alors que le système racinaire de la plante inoculée avec la souche de Rhizobium seule ou associée au fumier porte respectivement 26 et 38 nodules. L'azote minéral apporté sous forme d'urée inhibe la nodulation. Son action inhibitrice peut se situer à un stade précoce de la nodulation en perturbant l'infection des poids absorbants (MUNNS, 1968) ou l'initiation du nodule (GIBSON, 1973).

La très faible nodulation observée sur le témoin non inoculé sans fumier et sur le fumier seul (1 nodule/plante) confirme l'inexistence (ou la très faible proportion) dans le sol de Séfa, du Rhizobium spécifique pour le Soja. Enfin l'action synergique du fumier peut s'expliquer par son effet favorable sur la vie microbienne et notamment sur celle de la souche G3, le fumier serait un engrais organique compatible avec la nodulation.

Rendements :

Les résultats obtenus sur les rendements en graines sont indiqués dans le tableau-4. Les niveaux de rendement en graines sont relativement comparables à ceux obtenus par WEY (1975) sur la même variété JUPITER à Séfa. L'inoculation et le fumier seul induisent respectivement des plus values de + 196kg graines/ha (+ 14%) et de 136kg graines/ha (+10%).

TABLEAU N° 2 : Effet de l'inoculation et du compost sur les rendements de l'arachide : CV 55-437 à Louga (Nord du Sénégal)

a/- Traitements principaux

Traitements	Non inoculé	Inoculé	Significativité	C.V %
Rendement gousses kg/ha	975 a	1 105 b	S	12
Rendement fanes kg/ha	1 187 a	1 432 a	N S	18

b/- Traitements secondaires

Traitements	Avec compost (A)	Sans compost (S)	Significativité	C.V %
Rendement gousses kg/ha	1 091 b	989 a	S	8
Rendement fanes kg/ha	1 376 a	1 242 a	N S	19

. p.p.d.s traitements principaux

à $p=0,05$ | gousses = 127,38
| fanes = 249,52

. p.p.d.s traitements secondaires

à $p=0,05$ | gousses = 75,67
| fanes = 225,66

S = significatif

NS = non significatif

. Les chiffres affectés de la même lettre ne sont significativement différents.

Tableau 3 : Effets de l'inoculation, du fumier et de l'urée sur la nodulation du Soja C.V. Jupiter à Séfa (Sud du Sénégal)

Traitements	Sans fumier non inoculé	Fumier	Inoculation	Inoculation + Fumier	100 kg /ha (Urée)	CV %
Paramètre						
Nombre de nodules par plante au 75ème jour	0,61 a	1,09 a	26,0 b	37,67 b	0,88 a	66
Poids sec de nodules g/plante au 75ème jour	0,015 a	0,009 a	0,330 b	0,401 b	0,011 a	75

Les chiffres portant la même lettre ne diffèrent pas significativement au seuil de 0,05 (test de KEULS).

Tableau 4 : Effets du fumier, de l'urée et l'inoculation avec G3 sur le rendement en grains du Soja à Séfa (Sud du Sénégal)

Traitements	Sans fumier non inoculé	Fumier	Inoculation	Inoculation + Fumier	100 kg /ha (Urée)	CV %
Paramètres						
Rendement en grains kg/ha	1350 a	1486 a	1546 a	1979 b	1370 a	11,45
Plus values en kg/ha	0	+ 136	+ 196	+ 629	+ 20	
Plus values en % témoin	0	10	14	47	1	

Les chiffres affectés de la même lettre ne diffèrent significativement au seuil de 0,05 (test de KEULS).

Mais ces traitements ne diffèrent pas significativement du témoin (non inoculé sans fumier). Par contre l'inoculation associée au fumier procure une augmentation significative de + 629kg graines /ha (+47%).

L'action synergique "inoculation + fumier" observée au niveau de la nodulation se manifeste donc sur le rendement du Soja. Plusieurs raisons sont certainement impliquées dans l'explication de cette synergie ; elles résident dans l'importance du fumier dans l'amélioration des propriétés physico-chimiques et biologiques du sol.

On pourrait penser que le fumier a développé (ou apporté) des endomycorrhizes du sol, en évoquant l'association positive entre endomycorrhizes et Rhizobium signalée par d'autres auteurs (MOOY et COLL, 1973 ; DAFT et GIAHMI 1974 ; MÖSSE et COLL, 1976 ; GUEYE, 1982).

L'absence d'effet significatif de l'inoculation seule sur le rendement, dans le sol qui ne contient pas (ou très peu) de Rhizobium japonicum, pourrait s'expliquer par de mauvaises conditions de survie de la souche G3, qui sont améliorées par le fumier.

Enfin l'absence d'effet de l'urée, bien que fractionnée, sur le rendement, pourrait trouver une explication dans les pertes d'engrais-urée par volatilisation, lessivage et dénitrification (GANRY, 1975).

Le rendement en grains obtenu avec l'urée est équivalent à celui du témoin (non inoculé sans fumier).

IV. CONCLUSION :

Dans les conditions d'expérimentation à Louga, l'inoculation de l'arachide avec CB 756, permet d'améliorer la nodulation et la fixation par rapport au témoin non inoculé. Son effet sur la fixation est atténué par l'utilisation de compost apporté comme support de l'inoculum à cause de la libération d'azote minéral qui inhibe l'activité réductrice de l'acétylène (ARA). On obtient avec l'inoculation une augmentation significative du rendement en gousses. La sélection de souches de Rhizobium efficaces et très compétitives, pourrait permettre d'obtenir une augmentation substantielle de rendement.

La symbiose fixatrice d'azote chez l'arachide est un facteur important du rendement et de maintien de la fertilité du sol dans la mesure où la paysan éprouve d'énormes difficultés à se procurer des intrants nécessaires aux cultures.

D'autres méthodes différentes de l'inoculation, qui consistent à sélectionner des variétés d'arachide à haut potentiel fixateur de N₂ et à rechercher des techniques culturales qui améliorent la fixation "naturelle" sont autant de voies de recherche dans le domaine.

En ce qui concerne la culture du Soja, l'apport d'engrais azoté (urée) en quantité importante inhibe la nodulation et n'a pas eu plus d'effet sur le rendement en grains, que l'inoculation. La matière organique (fumier) pourrait jouer le rôle d'engrais "compatible" avec le système symbiotique du Soja ; en même temps qu'elle servirait de support microbien pour le Rhizobium.

L'association "fumier + inoculation" a donné une augmentation significative de la nodulation et du rendement du Soja.

La fixation symbiotique de l'azote (sa limitation voire son absence) est une des contraintes principales du développement de la culture du Soja car il serait irréaliste de raisonner la rentabilité de cette culture sur des bases qui tiendraient compte de l'apport d'une forte fumure azotée.

L'inoculation associée à la matière organique constitue une technique agronomique capitale pour la conservation du patrimoine foncier dans l'aire de culture potentielle du Soja au Sénégal. C'est ainsi qu'un inoculum granulé a été mis au point par le laboratoire de Rhizobiologie du C.N.R.A-Bambey par J. WEY. les recherches devraient s'orienter vers la qualité de l'inoculum.

Enfin une attention particulière devra être accordée aux études d'interactions Rhizobium x Endomycorrhizes.

BIBLIOGRAPHIE :

- 1 - BLONDEL, D (1970)

Relation entre nanisme jaune de l'arachide en sol sableux et le PH.
Définition d'un seuil pour l'activité du Rhizobium.
L'Agron. Trop. Vol XXV, N° 6-7, P. 589-595.

- 2 - BOUHOT, D. - (1968)

Sur deux affections de l'arachide "rabougrissement et nanisme jaune".
L'Agron. Trop. N° 11, 1228 - 1230.

- 3 - CHARREAU, C. et NICOU, R (1971).

L'amélioration du profil cultural dans les sols sableux et sable-argileux
de la zone tropicale sèche Ouest-Africaine et ses incidences agronomiques.
Bull. Agron ; 23, 35 - 39.

- 4 - DAFT, M.J and El-GIAHMI, A. A. (1974).

Effects of endogone mycorrhiza on plant growth - VII. Influence of infec...
tion on the growth et nodulation french bean (plaseolus vulgaris).
New phytol. 73, 1239 - 1147.

- 5 - DENARIE, J. (1968).

Inoculation des légumineuses à Madagascar - Résultats expérimentaux.
Ann. Agron. 19(4) : 473 - 496.

- 6 - EVANS, H.J. and NASON, A. (1953).

A pyridine nucléotide nitrate reductase in higher plants.
Ann. Rev. plant physiol. 20, 233 - 254.

- 7 - GANRY, F. (1975).

Importance des enfouissements de matière organique dans l'amélioration
des systèmes culturaux au Sénégal.
Doc. Roneot., ISRA - CNRA - BAMBEY, 47p.

- 8 - CERDAT - BOUAKE ; "Intensification de l'agrosystème en cultures assolées
dans le Nord de la Côte-d'Ivoire".
Bilan des recherches agronomiques - 1976 - 33p.

9 - GIBSON, A.H. (1973)

The controle of dinitrogen assimilation by nodulated legumes.
In Mechanisms of regulation of plants growth. Ed. by R.L.
BIELESKI, A.R. PERGUSSON, M.M. CRESSUREL. Bull. 12, the Royal Society of
New - Zeland, 13 - 22.

10- GUEYE, M. (1982).

Vigna unguiculata en symbiose avec Rhizobium et Glossus mosseae.
Thèse de doctorat de 3e cycle - Lyon 1,82p.

11- HARDY, R.W.F. and HAVELKA, V.D (1973)

Symbiotic. Nitrogen fixation : multifold enhancement of CO2 enrichment of
field grown soybean.
Plant physiol. supplement P. 35.

12- HARDY, R.W.F., HOLSTEN, R., JACKSON, E. and BURNS, R. (1968)

The acetylene - etylene essay for N2 fixation : Laboratory and field eva-
luation.
Plant physiol. 43, 1185 - 1207.

13- HINSON, K. and HARTWIG, E.E. (1977)

Culture du Soja sous les tropiques-Etude FOA : Production végétale et protec-
tion des plantes N° 4 - 90p.

14- JAUBERT, P. (1951)

Première étude au Sénégal des bacteries symbiotiques de l'arachide.
Ann. du C.N.R.A, 5, 144 - 164.

15- JAUBERT, P. (1952)

Deuxième étude de la symbiose bactérienne des légumineuses au Sénégal (Casa-
mance).
Ann. du C.R.A, 8, 77 - 97.

16- MOOY, C.J., PESCK, J.C and SPALDON, E. (1973).

Minéral nutrition in soybeans : Improvement, production and uses - Ed by
CADWELL, B.E.
Agronomy ; 1b, 267 - 352.

17- MOSSE, B, POWELL, C.L and HAYMAN, D.S (1976)

Plant growth response to vesicular-arbuscular mycorrhiza. IX-interaction
between VA mycorrhiza, rock phosphate and symbiotic nitrogen fixation.
New. phytol. 76, 331 - 342.

18- MUNNS, D.N. (1968).

Nodulation of Medicago sativa in solution culture : I acid sensitive steps.
Plant soil. 28, 129 - 146.

19- OGHOGORIE, C.G.O and PATE, J.S (1971).

The nitrate stress syndrome of nodulated field Pea (Pisum arven L.).
Technic for measurements and évaluation in physiological terms.
Plant and soil. special volume, 185 - 202.

20 - PILLAY, A.R et MANET, J.R. (1972).

Revue Agri. Sucrière. Ile Maurice, 51, P 242 - 248.

21 - RIGAUD, J. (1975).

Effets des nitrates sur la fixation d'azote par les nodules du haricot
(Phaseolus vulgaris L.).

Physiol. Vég., 14 (2), 297 - 308.

22 - Wey, J (1975).

Inoculation bactérienne des légumineuses au Sénégal.

Mémoire d'Ingénieur ENITA - Dijon - France - 47p.

REMERCIEMENTS

Mes remerciements vont d'abord à la Fondation Internationale pour la Science qui a permis la réalisation de cette étude en nous octroyant une bourse de recherche.

Cette étude est une contribution au programme de recherche sur la fixation biologique de N_2 chez les légumineuses déjà entrepris au CNRA de Bambey (Sénégal) par WEY et GANRY à qui nous exprimons notre reconnaissance pour leurs conseils et critiques très avisés tout au début de notre carrière dans la recherche.

Mes remerciements s'adressent également à Monsieur Guèye, MIRCEN-AFRIQUE-OUEST pour ses remarques pertinentes lors de l'élaboration de ce manuscrit.

FIG 2

EFFET DE L'INOCULATION SUR L'EVOLUTION DE LA NODULATION

- SUR ARACHIDE LOUGA -

----- Témoin
—— Inoculation

— SERIE AVEC COMPOST —

— SERIE SANS COMPOST —

