

86/038

MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT
RURAL

INSTITUT SENEGALAIS DE
RECHERCHES AGRICOLES
ISRA

DÉPARTEMENT DE RECHERCHES SUR
LES PRODUCTIONS VÉGÉTALES

CN0101147

P342

NDI

**FIXATION BIOLOGIQUE D'AZOTE PAR LA SYMBIOSE *RHIZOBIUM*
ARACHIDE : ACQUIS ET PERSPECTIVES DE RECHERCHE**

par Mamadou NDIAYE
Chercheur au CNRA de BAMBEY

Mars 1986

I - INTRODUCTION :

Dans les pays tropicaux et arides, aux sols généralement pauvres en matière organique, l'azote est un facteur limitant essentiel de la production agricole (DENARIE, 1968). En outre, il s'avère être un élément très coûteux. En effet le **chérissenment** de l'énergie a causé une hausse vertigineuse de l'**engrais** par rapport au prix du produit, ce qui amène les pays en voie de développement à subventionner largement l'engrais distribué aux agriculteurs,

Au Sénégal, la politique de désengagement de l'état en matière de subventions d'intrants nécessaires aux cultures fait que l'accroissement des rendements reste lié à la valorisation des ressources naturelles, dans la mesure où le paysan éprouve d'énormes difficultés à se procurer ces intrants pour des raisons économiques. Au Sénégal, l'accroissement du rendement de l'arachide reste lié à l'amélioration de la fixation symbiotique d'azote.

Les études relatives à la symbiose fixatrice d'azote sur l'arachide ont été initiées il y a quelques années et elles ont porté essentiellement sur l'inoculation bactérienne du sol ou des semences, sur des techniques d'amélioration foncière et sur la sélection de cultivars à haut pouvoir fixateur en présence des souches de *Rhizobium* indigènes. Dans le présent rapport, nous nous sommes attachés à faire une synthèse très succincte des principaux résultats obtenus dans ce domaine sur la culture de l'arachide, avant de mentionner les orientations nouvelles du programme de recherche sur la fixation d'azote du CNRA de Bamhey.

II - SYNTHESE DES ACQUIS :

Les premières tentatives d'inoculation au Sénégal ont été faites dans les années 1950 sur arachide (JAUBERT, 1951 et 1952). Malgré quelques faibles augmentations de rendements obtenus, en particulier à Louga (+ 13%), cet auteur ne constate aucun effet significatif de l'inoculation.

Dix années plus tard, TARDIEU et SENE (1962) ne constatent pas d'effet significatif de l'inoculation sur la culture de l'arachide,

L'insuccès de ces premiers essais conduisit alors à abandonner cette voie de recherche.

Mais 6 années plus tard, BOUNOT (1968) observait à Bamhey sur certains champs cultivés en Arachide, des plantes chétives et chlorotiques formant des tâches jaunes de taille variable : c'est le "nanisme jaune" qui serait dû d'après ses hypothèses à :

- une carence par absence d'éléments insolubilisés (Mo ou B)
- ou à une disparition (ou inefficience) des bactéries symbiotiques indigènes.

Le problème de la fixation biologique d'azote de l'arachide a de nouveau été envisagé.

Et BLONDEL (1968) reprend les hypothèses de BOUHOT et met en évidence un effet défavorable de la baisse du pH du sol sur la nodulation, conséquence d'un blocage du molybdène à pH5 et d'une diminution du taux de *Rhizobium* dans le sol. En effet, cet auteur démontre que l'on peut remédier au "nanisme jaune" en relevant le pH par chaulage d'une part et par inoculation bactérienne d'autre part, En outre un apport de 24 g/ha de molybdate d'ammonium accompagnant le fongicide favorise la nodulation et augmente de 200 à 300 kg/ha le rendement en gousses (BLONDEL, 1970).

Par ailleurs, le labour améliore le rendement de l'arachide, surtout en sol sableux, en augmentant le nombre et le poids sec de nodosités en liaison avec une meilleure aération du sol (CHOPART, MAUBOUSSIN et NICOU, 1970).

Dans les sols non dégradés, bien pourvus en souches natives aussi infectives et efficaces que les souches inoculées, l'inoculation n'est pas nécessaire (OULIE, 1971). Par contre, en sols sableux dégradés, l'inoculation peut améliorer le rendement de l'arachide : on a enregistré des plus values de 150 à 500 gousses/ha. Cependant les différences dues à l'inoculation n'étaient toujours significatives à cause de l'influence de facteurs du milieu qui limitent souvent l'efficacité de la symbiose.

Jusqu'à cette époque, on ne disposait d'aucune information sur l'évaluation quantitative de la fixation de N₂ par l'arachide au Sénégal. Le dépouillement des résultats d'un programme coordonné ISRA-AIEA, démarré en 1973, a permis d'évaluer cette fixation. Ainsi, pour une arachide (variété 55-437), cette quantité a été évaluée (d'après GANRY et coll. 1975, GANRY et coll. 1976, GANRY et NDIAYE, 1977):

- en 1974 à 52 kg N fixé/ha pour 120kg N total soit 43%
- en 1975 à 68 kgN fixé/ha pour 103 kg N total soit 66%
- en 1976 à 15 kg N fixé/ha pour 77kg N total soit 21%.

L'examen de l'une des caractéristiques du climat local : la pluviométrie montre bien qu'à une faible pluviométrie, particulièrement dans la phase post-floraison, correspond une faible fixation,

Enfin, dans un dispositif implanté à Thilmakha et Thiénaba depuis 1972, Les rôles de certaines techniques culturales sur l'amélioration du système symbiotique et, du rendement ont été étudiés. L'objectif principal de cet essai était de savoir si dans un premier temps, il n'était pas possible d'accroître l'efficacité de la fixation naturelle et le rendement; de l'arachide par de simples techniques d'amélioration foncière sans avoir recours à la méthode d'inoculation de souches de *Rhizobium* importées plus efficaces mais tout à survie dans les : sols sénégalais riches en

souches autochtones très infectives reste problématique. Les résultats obtenus à partir de cet essai (WEY, 1975 ; NDIAYE, 1977, WEY et OBATON, 1978, WEY et NDIAYE, 1982 ; WEY, 1981 ; NDIAYE, 1983 ; NDIAYE, 1984) : permettant de dégager les principaux renseignements suivants :

- L'enfouissement du fumier par le labour, à raison de 10 tonnes de matière sèche à l'hectare, s'avère être la technique culturale la plus favorable à la nodulation, la fixation et le rendement de l'arachide.

- L'épandage de la chaux, enfouie sur le labour (600kg de chaux éteinte/ha) révèle également un effet favorable sur la culture mais celui-ci est tardif : il est surtout très marqué à partir de la troisième année d'application.

- Enfin de labour en fin de cycle, accroît légèrement la nodulation et la fixation et devient équivalent au témoin recevant uniquement la fumure vulgarisée (8-18-27).

Actuellement ce dispositif demeure inchangé, et il est très riche d'enseignements à tel point qu'il permet d'expliquer la chlorose azotée observée sur l'arachide dans les champs de certains paysans, par le dépassement d'un seuil critique de fertilité du sol. au-dessous duquel on observe ce phénomène. En effet, cette chlorose s'est manifestée voire propagée dans les parcelles avec 8-18-27 mais sans amendement, alors qu'il a disparu ou ne s'est pas manifesté dans les parcelles avec fumier ou chaux.

L'insuccès de ces premiers essais d'inoculation conduit alors à abandonner cette voie de recherche. Les souches étrangères introduites dans des sols pourvus de *Rhizobium*, n'étaient pas bien adaptées aussi bien sur le plan de leur survie (compétence saprophytique) que sur celui de la formation des nodosités (compétitivité pour la formation des nodosités).

Quelques travaux (NDIAYE, 1980 ; JARA, 1981 ; GUEYE, 1982) ont montré que les souches natives de *Rhizobium* présents dans les sols sont d'une efficacité très variable selon la localité et la légumineuse-hôte. C'est ainsi que les souches natives de l'arachide isolées de Bambey sont d'une efficacité symbiotique supérieure à celles des souches isolées des sols de Louga et de Niore (NDIAYE, 1980).

Comme on peut s'en rendre compte, de nombreux travaux ont porté sur l'endophyte (*Rhizobium*). Par contre, les études de l'influence du facteur variétal sur la symbiose fixatrice de N₂ sont plus récentes, Pour tenter d'optimiser la fixation naturelle, une seconde démarche (différente de l'inoculation bactérienne) implique la sélection de variétés d'arachide capables d'établir une relation symbiotique efficace avec les *Rhizobiums* natifs. Les premiers résultats obtenus (NDIAYE, 1984 ; NDIAYE, 1985) montrent qu'il existe des différences de comportements symbiotiques des variétés : parmi 11 variétés qui ont été testées deux : 57-40 et 79-85 ont manifesté une nodulation et une fixation supérieures à celles des variétés témoins. Ces

caractères héréditaires spécifiques de la variété peuvent être exploités pour améliorer l'efficacité de la fixation "naturelle" de l'arachide,

III - DISCUSSIONS - CONCLUSIONS :

Certains résultats obtenus par la recherche agronomique permettent de faire des propositions de solutions à certains problèmes posés concernant la production arachidière au Sénégal, tandis que d'autres résultats ouvrent des perspectives de recherche pour mieux répondre aux nouvelles politiques d'orientation agricole.

- Dans les sols non dégradés, la biomasse rhizobiale n'est pas le principal facteur limitant de la production arachidière. Le facteur limitant est particulièrement l'alimentation hydrique. La fixation est très sensible au stress hydrique. Le labour, en augmentant le stock dans le sol et l'efficacité de son utilisation améliore l'efficacité de la fixation et le rendement de l'arachide. En bonnes conditions pluviométriques une arachide non inoculée (55-437) fixe 68 kg/ha pour une mobilisation en azote de 103 kg/ha (GANRY et coll. 1971). On peut avancer avec certitude que l'élément N peut être supprimé dans la formule 8-18-27 vulgarisée avec comme préalable l'application d'amendement organique et/ou calcique.

- Dans les sols dégradés, où l'activité biologique est particulièrement réduite, la fixation est un facteur limitant de la production d'arachide et l'inoculation de souches de *Rhizobium* sélectionnées permet d'obtenir des grains de 150 à 500 kg gousses/ha. Cependant, il n'est le seul facteur limitant, d'autres facteurs édaphiques peuvent limiter la production de l'arachide. En effet dans un système de rotation arachide-mil, sans restitution de matière organique, la fumure minérale 8-18-27 ne permet pas la conservation du patrimoine foncier, de ce fait on assiste à une dégradation progressive des sols qui se traduit par une déficience de la symbiose et par un aspect chlorotique de la plante. L'enfouissement du fumier, en plus des fonctions minérales et d'amendement, favorise la nodulation et la fixation et constitue une technique culturale capitale pour éviter un bilan azoté déficitaire. Par ailleurs l'acidification des sols est également un facteur limitant : dans les sols acides à $\text{pH} \leq 5$, il y a libération de cations toxiques (Al^{+++} Mn^{++}) par les *Rhizobium* et la plante et blocage du molybdène (BLONDEL, 1972 ; PIERI, 1976) qui entre dans la composition de la nitrogenase enzyme catalysant la réduction de N_2 en azote assimilable pour la plante. Le chaulage permet, de palier à ce processus d'acidification des sols.

-- L'aptitude à noduler et à fixer l'azote, en présence des souches de *Rhizobium* native varie avec le type de cultivar d'arachide. Cette variabilité génotypique peut être exploitée pour améliorer l'efficacité de la fixation, sans recourir pour l'instant, à l'inoculation. L'introduction de souches sélectionnées dans des sols contenant des *Rhizobium* d'efficacité variable ne constitue pas un problème.

IV - PERSPECTIVES DE RECHERCHE :

41 - Pour accroître la fixation de N₂ chez l'arachide, une autre méthode différente de l'inoculation, consiste à sélectionner des génotypes capables d'établir une relation symbiotique la plus efficace, en présence des *Rhizobium* natifs. Les travaux de ARRENDELL et coll. (1985) ont déjà mis en évidence la possibilité de transmission de ces caractères dans 30 familles de F₂ issues d'un croisement de deux variétés d'arachide (NC₆ et 922).

Le criblage de la collection d'arachide sera effectué afin d'identifier les cultivars à haut potentiel fixateur en vue de l'utilisation dans les différents schémas d'amélioration varié-tale.

42 - Pour la conduite d'une politique rationnelle de fertilisation minérale dans le bassin arachidier, il est nécessaire d'évaluer l'efficacité de la fixation naturelle dans les différentes zones écologiques. En effet l'apport de N minérale ne serait pas nécessaire là où la fixation biologique de N₂ est suffisamment satisfaisante ; par contre dans les zones où celle-ci serait déficiente l'application de techniques agronomiques appropriées pourrait être recommandée.

43 - La présence de nématodes, en particulier *Scutellonema cavenessii* dans les sols, entraîne des baisses de rendement de nombreuses cultures dont l'arachide. Les interactions nématodes x *Rhizobium* devront faire l'objet d'études en collaboration avec le laboratoire de nématologie de l'ORSTOM.

44 - L'isolement et la sélection de souches de *Rhizobium* indigènes seront poursuivis dans le cadre de la constitution d'une collection (appui au MINAGRI).

BIBLIOGRAPHIE

- 1 - ARRENDELL, S. ; WYNNE, J.C. ; ELKAN, G.H. and ISLEIB, T.G., 1985
Variation for Nitrogen Fixation Among Progenies of Virginia
x Spanish Peanut Cross.
Crop Science, Vol. 25, September-October p. 865-869.
- 2 - BLONDEL, D. - 1968
Effet du pH sur l'activité fixatrice de la symbiose *Rhizobium/*
Arachide (Arachishypogaea) en sol sableux (Dior)
Ann. du CNHA de Bambey.
- 3 - BLONDEL, D. 1970.
Relation entre Le 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, 6-7, 589-595.
- 4 - BOUHOT, D. 1968.
Sur deux affections de l'arachide : "rabougrissement et
nanisme jaune".
L'AGRON. TROP. N° 11, 1228-1230.
- 5 - CHOPART, J.L. ; MAUBOUSSIN, J.C. et NICOU, R. - 1970.
Effet du labour sur quelques caractéristiques de l'arachide
Doc. ronéo. - CNRA/BAMBEY SENEGAL, 10p.
- 6 - DENRIE, J. - 1968.
Inoculation de légumineuses à Madagascar ; Résultats expérimentaux.
Ann. Agron. 19 (4) : 473-496.
- 7 - GANRY, F. ; WEY, J. NDIAYE, M. et NICOU, R. - 1975.
Action de la dose et de la date d'application de l'azote sur la
fixation symbiotique et le rendement de l'arachide.
Rapport provisoire sur l'expérimentation A.I.E.A réalisé au
Sénégal en 1974.
Doc. ronéo. ISRA/CNRA-BAMBEY 30p.
- 8 - GANRY, F. ; WEY, J. et NDIAYE, M. -- 1976.
Action du fractionnement de l'azote et de la date d'inoculation
sur la fixation symbiotique et le rendement de l'arachide.
Rapport sur l'expérimentation AIEA réalisé au Sénégal en 1975 .
Doc . ronéo ISRA CNRA BAMBEY 16p.

9 - GANRY, P. et NDIAYE, M. - 1977.

Action de l'inoculation et action de L'épandage foliaire d'une solution nutritive (N-P-K-S) sur la fixation symbiotique et le rendement de l'arachide. Rapport sur l'expérimentation A.I.E.A réalisé au Sénégal en 1976.

Doc. ronéo. ISRA/CNRA-BAMBEY, 16p.

10 - GUEYE, M. 1982.

Vigna unyuiculata en symbiose avec *Rhizobium* et *Glomus mosseae*.

Thèse de Doctorat de 3e cycle 82p.

Université Claude BERNARD - Lyon 1.

11 - JARA, P. 1981.

Le continium *Rhizobium japonicum* - *Rhizobium cowpea*.

Thèse de Doctorat de spécialité - 149p.

Université d'aix-Marseille 1.

12 - JAUBERT, P. 1951.

Première étude au Sénégal des bactéries symbiotiques de l'arachide.

Ann. du CRA., 5, 144-164.

13 - JAUBERT, P. 1952.

Deuxième étude de la symbiose bactérienne des légumineuses au Sénégal (Casamance).

Ann. du CRA, 2, 77-97.

14 - NDIAYE, M. 1977a

Contribution à l'inoculation bactérienne au champ de l'arachide et du soja au Sénégal.

Rapport F.I.S Bourse n° G 128 - 19p.

15 - NDIAYE, 1977b.

Effet des techniques culturales sur la fixation symbiotique et le rendement de l'arachide à Thilmakha et Thiénaba

Synthèse des résultats de 1976 et bilan de cinq années d'expérimentation.

Doc. ronéo. CNRA/Bambey - 18p.

16 - NDIAYE, M. 1980

Isolement et sélection des souches de *Rhizobium* spécifiques de l'arachide (*Arachis hypogaea*).

Mémoire d'Ingénieur ENITA-Dijon (France) - 48p.

17 - NDIAYE, M. 1983.

Symbiose *Rhizobium*-Légumineuse (Arachide et Niébé).

Synthèse des résultats de l'hivernage 1983

Doc. ronéo. CRA/CNRA-BAMBEY - 4p.

- 18 - NDIAYE, M. 1984.
Symbiose *Rhizobium*-Légumineuse (Niébé-Arachide)
Synthèse des résultats obtenus en 1983.
Doc. ronéo - ISRA/CNRA BAMBEY - 8p.
- 19 - NDIAYE, M. 1985.
Rapport de synthèse Rhizobiologie-Arachide 1984
Doc. ronéo. ISRA/CNRA BambeY - 3p.
- 20 - CULIE, B. 1971.
Synthèse des études réalisées au Sénégal sur la symbiose
Rhizobium-Légumineuses.
Doc. ronéo , CNRA/BAMBEY (Sénégal).
- 21 - PIERI, C. 1976.
L'acidification des terres de cultures exondées au Sénégal
L'Agron. Trop. Vol. XXXI, N° 4, p. 339-368
- 22 - TARDIEU, M. et SENE, D. 1962
Compte rendu sur la symbiose bactérienne au Sénégal
Rapport d'activité 1961-1962.
Doc. ronéo IRAT-Sénégal - p. 66-68.
- 23 - WEY, J. 1975.
Inoculation bactérienne des légumineuses au Sénégal
Mémoire d'ingénieur ENITA-Dijon (France) - 47p,
- 24 - WEY, J. et OBATON, P. 1978.
Influence des techniques culturales sur l'activité fixatrice
d'azote et le rendement de l'arachide
L' Agron. Trop. Vol. XXXIII - 2 Avril-Juin 1978 p. 129-135.
- 25 - WEY, J. 1981.
La fixation symbiotique de l'arachide
- l'influence des techniques culturales
- la chlorose azotée.
Doc. ronéo. CNRA/BAMBEY Sénégal - 3p.
- 26 - WEY, J. et NDIAYE, M. 1982.
Symbiose *Rhizobium*-Légumineuses
Synthèse de la campagne expérimentale 1981.
Doc. ronéo. ISRA/CNRA/BAMBEY - 4p.