

92.0015

E 342

DAS

République du Sénégal  
Ministère de l'Éducation Nationale  
Direction de l'Enseignement Supérieur

## **Ecole Nationale des Cadres Ruraux de Bambey (ENCR)**

Ministère du Développement Rural et de l'Hydraulique



**Institut Sénégalais  
de  
Recherches Agricoles**

Direction des Recherches sur les Cultures et Systèmes Pluviaux

### **MEMOIRE DE FIN D'ETUDES**

présenté  
en vue de l'obtention  
du Diplôme d'Ingénieur des Travaux d'Agriculture

# **ESSAI D'INOCULATION AU SENEGAL DE L'ARACHIDE AVEC DES SOUCHES DE *RHIZOBIUM***

Présenté et soutenu  
par Mademoiselle **Marie-Claire Da-SYLVA**, 26ème Promotion

Maitre de stage : Mamadou GUEYE, Microbiologiste

---

# DEDICACE

*✍* A mes parents, Papa et Maman,

● A mes frères et sœurs,

*✍* A mes oncles Pierre LOPY, Arthur Da-SYLVA  
et sa femme Désiré, pour leur soutien  
durant toute ma formation.

---

---

## Remerciements

Je remercie profondément Monsieur Mamadou GUEYE pour son soutien et sa disponibilité. Malgré ses nombreuses préoccupations, il a bien voulu me consacrer une précieuse partie de son temps.

Je remercie Monsieur Ousmane NDOYE, sélectionneur à l'ISRA, station de Nioro du Rip pour sa coopération.

Je remercie également à toute l'équipe du MIRCEN CNRA de Bambey :

● Oumar TOURE et Alioune GNING, techniciens au laboratoire, qui m'ont beaucoup aidée pour la mise en place et le suivi de mes essais ainsi que

✍ Saliou Bella BALDE, pour sa disponibilité.

Je tiens à témoigner ma reconnaissance à :

✍ Juliette Lopez, secrétaire au laboratoire de Biologie des Sols au centre ISRA-ORSTOM de Dakar (Bel Air), pour la dactylographie, et

● Monsieur Moustapha NIANG, Agent à l'Unité d'Information et de Valorisation (UNIVAL) de l'ISRA, pour la mise en page du manuscrit.

---

Mes remerciements s'adressent aussi à Monsieur Sidy CAMARA, Directeur de l'ENCR et toute sa famille, tout le personnel administratif de l'ENCR sans oublier le Docteur Fiacre COLY et l'infirmier Massiré SECK.

Je remercie tous les membres de l'Amicale des Etudiants de l'ENCR pour leur soutien moral.

Je remercie également la Société de Développement et de Vulgarisation Agricole (SODEVA) de Diourbel qui m'a aidée sur le choix du site et la mise en place de l'essai en milieu paysan, l'ISRA, particulièrement le CNRA de Bambey qui m'a accueillie dans le laboratoire de microbiologie du MIRCEN et m'a fait bénéficier de l'appui du, laboratoire central d'analyses.

Je tiens à remercier l'UNESCO qui, par le contrat n° 220.652.1, a bien voulu financer le travail présenté dans ce document.

Enfin, mes remerciements s'adressent également à tous ceux qui, de près ou de loin ont œuvré pour la réussite de ce travail.

---

## Introduction

Les importantes diminutions de la fertilité des sols tropicaux exigent un apport d'engrais, **particulièrement azotés** qui sont **très** coûteux pour les pays en voie de développement. Les techniques de la fixation biologique de l'azote qui représente une alternative certaine à l'emploi des engrais azotés, ont été testées dans la culture de l'arachide (*Arachis hypogaea*) au Sénégal.

Au Sénégal, près de 2,5 millions d'hectare sont cultivés chaque année. Malgré les efforts de **diversification** poursuivis depuis l'indépendance (coton, riz, maïs, canne à sucre, tomate industrielle...), l'arachide demeure la première culture industrielle avec une production annuelle variant entre 490.000 à 950.000 tonnes (Tableau 1).

Tableau 1 : Evolution de la production de l'arachide au Sénégal (Biarnes,1988)

Campagnes	Production (milliers de tonnes)	
	Arachide de bouche	Arachide huilerie
1983-1984	20,7	570,9
1984-1985	13,1	490,0
1985-1986	10,7	590,5
1986-1987	23,3	821,8
1987-1988	16,7	946,4

Le travail présenté dans ce mémoire est une contribution à l'étude de l'effet de l'inoculation avec des souches de *Rhizobium* sur la croissance, la nutrition et le rendement de l'arachide cultivée au champ.

---

## Généralités sur la fixation biologique de l'azote chez l'arachide

### 1. La plante

L'arachide est une **légumineuse** appartenant à la sous-famille des **Papilio-tracées**. C'est une plante étalée avec deux paires de folioles ovales et glabres. Les fleurs sont jaunes et les gousses sont sous terre (Berhault, 1967 ; Fig. 1).

### 2. Le *Rhizobium*

Les *Rhizobium* sont des bactéries en forme de batonnet. Ils sont généralement mobiles grâce à quelques flagelles. Les *Rhizobium* forment des colonies incolores, blanches ou couleur crème sur un milieu de culture **manitol** extrait de levure. Les *Rhizobium* sont classés en six grands groupes d'inoculation croisée **définis** en fonction de leur spécificité vis-à-vis des plantes-hotes. Les *Rhizobium* nodulant l'arachide appartiennent au groupe des *Rhizobium* cowpea qui peuvent noduler également le niébé (*Vigna unguiculata*), le voandzou (*Vigna subterranea*), (FAO, 1985).

### 3. Infection des racines de l'arachide par les *Rhizobium*

Dans le cas de l'arachide, les nodules se forment au point d'émergence des racines secondaires. Il n'y a pas de cordon d'infection. Les *Rhizobium* pénètrent entre les cellules basales des poils absorbants et se regroupent dans des poches intercellulaires à partir desquelles ils pénètrent dans les cellules végétales où ils sont enfermés dans une membrane-enveloppe. Les *Rhizobium* se transforment ensuite en bactéroïdes au cours des divisions des cellules végétales.

### 4. Fonctionnement du nodule

Comme chez toutes les légumineuses, le fonctionnement des nodules de l'arachide nécessite de l'énergie fournie par la photosynthèse. A notre connaissance, le coût énergétique de la fixation biologique de l'azote n'est pas déterminé chez l'arachide. Cependant, Ryle et al. (1979) ont pu observer que chez les légumineuses *cowpea* (l'arachide pourrait être rangée chez les légumineuses *cowpea*), la photorespiration chez les plantes fixant l'azote est double de celle des mêmes

---

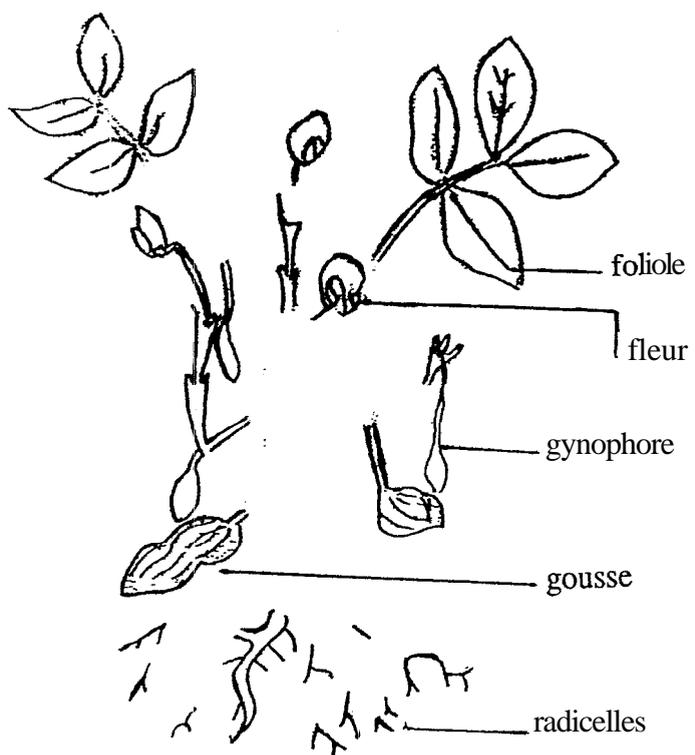


Fig. 1 : Différents organes d'une plante d'arachide

---

plantes poussant sur un milieu avec du nitrate. Au cours de la fixation biologique de l'azote, de la leghémoglobine apparaît dans le tissu nodulaire. Son rôle essentiel est d'approvisionner en oxygène les bactéroïdes dans les conditions optimales de la fixation de l'azote. L'enzyme impliquée dans la fixation biologique de l'azote est la **nitrogénase**. Cette enzyme catalyse la réduction de l'azote en ammonium chez tous les systèmes biologiques fixateurs d'azote, (Fig. 2). Elle est constituée de deux protéines : une ferromolybdoprotéine et une **ferroprotéine**. L'ammonium produit est assimilé par la plante au niveau des nodules. L'azote est alors exporté des nodules (sève brute) sous forme d'amides, d'uréides et de protéines (Fig. 3). L'**effectivité** d'un système symbiotique (légumineuse associée au *Rhizobium*) dépend à la fois des déterminants génétiques appartenant à la plante-hôte et ceux appartenant à la souche de *Rhizobium*. Chez l'arachide, Duggar (1935) a observé des différences significatives dans la nodulation de plusieurs génotypes et Burton (1976) a rapporté une variation importante dans l'accumulation de l'azote chez plusieurs variétés cultivées en serre avec comme unique source d'azote, l'azote provenant de l'atmosphère. Enfin, Ndoye et al. (1991) ont montré une variation de la fixation biologique de l'azote chez plusieurs variétés d'arachide inoculées avec les mêmes souches de *Rhizobium*.

## 5. Fixation biologique de l'azote au champ

Le rôle des légumineuses dans l'agriculture est maintenant bien connu : les légumineuses à graines et les légumineuses fourragères constituent une source très importante de protéines pour l'alimentation humaine et celle du bétail ; les légumineuses contribuent également pour une bonne part à la restauration de la fertilité des sols par retour de tout ou une partie de la plante au sol. Ces propriétés des légumineuses résultent principalement de leur aptitude à fixer l'azote de l'air quand elles sont en symbiose avec des souches de *Rhizobium*. Il est alors nécessaire d'estimer avec précision la quantité d'azote fixé chez les légumineuses afin de connaître la contribution de la fixation biologique dans l'économie de l'azote au niveau des différents systèmes agricoles. Il existe différentes méthodes d'estimation de la fixation biologique de l'azote :

(i) méthode du bilan azoté utilisée par Rinaudo et al. (1983) dans le cas de *Sesbania rostrata* ;

---

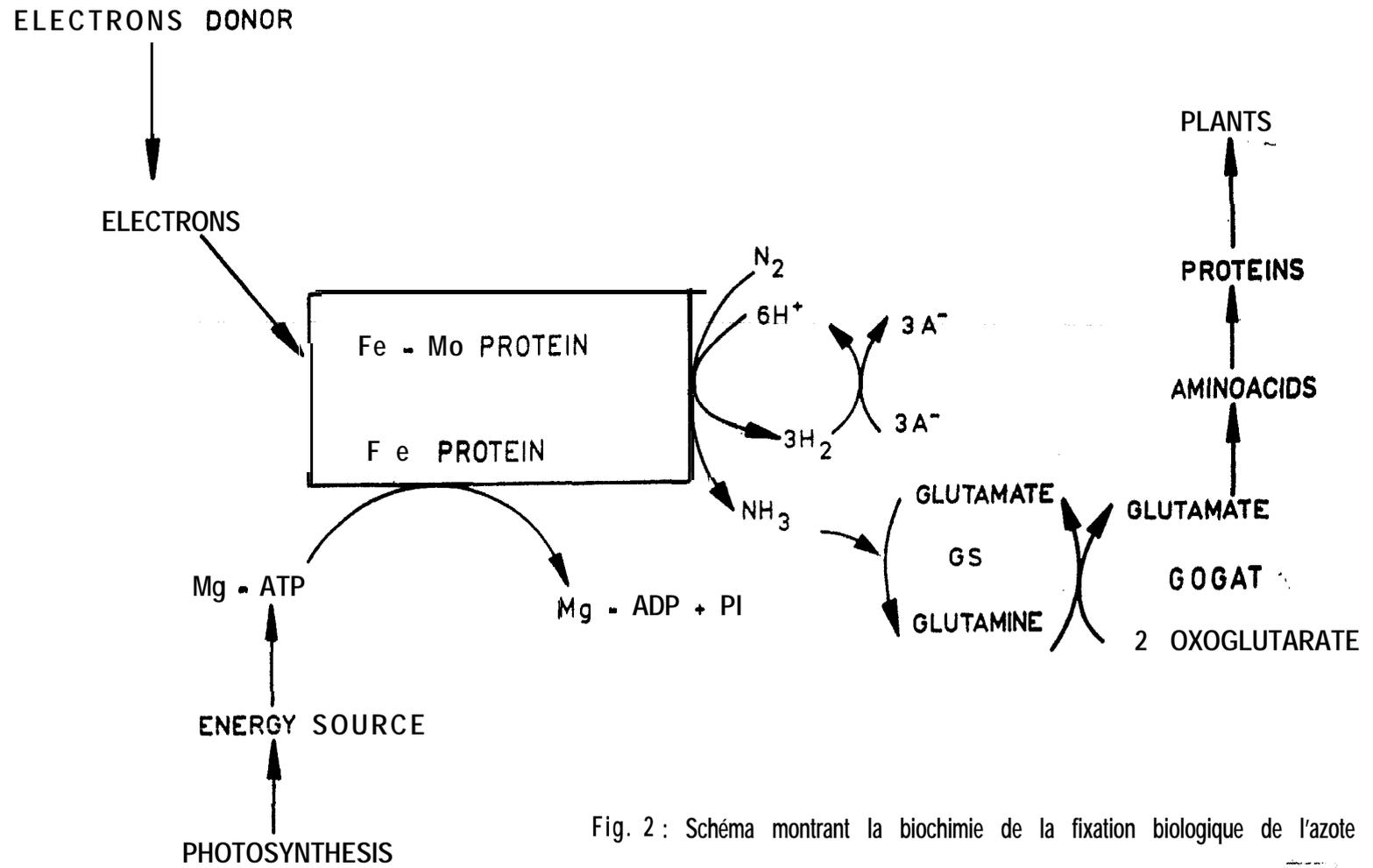


Fig. 2: Schéma montrant la biochimie de la fixation biologique de l'azote

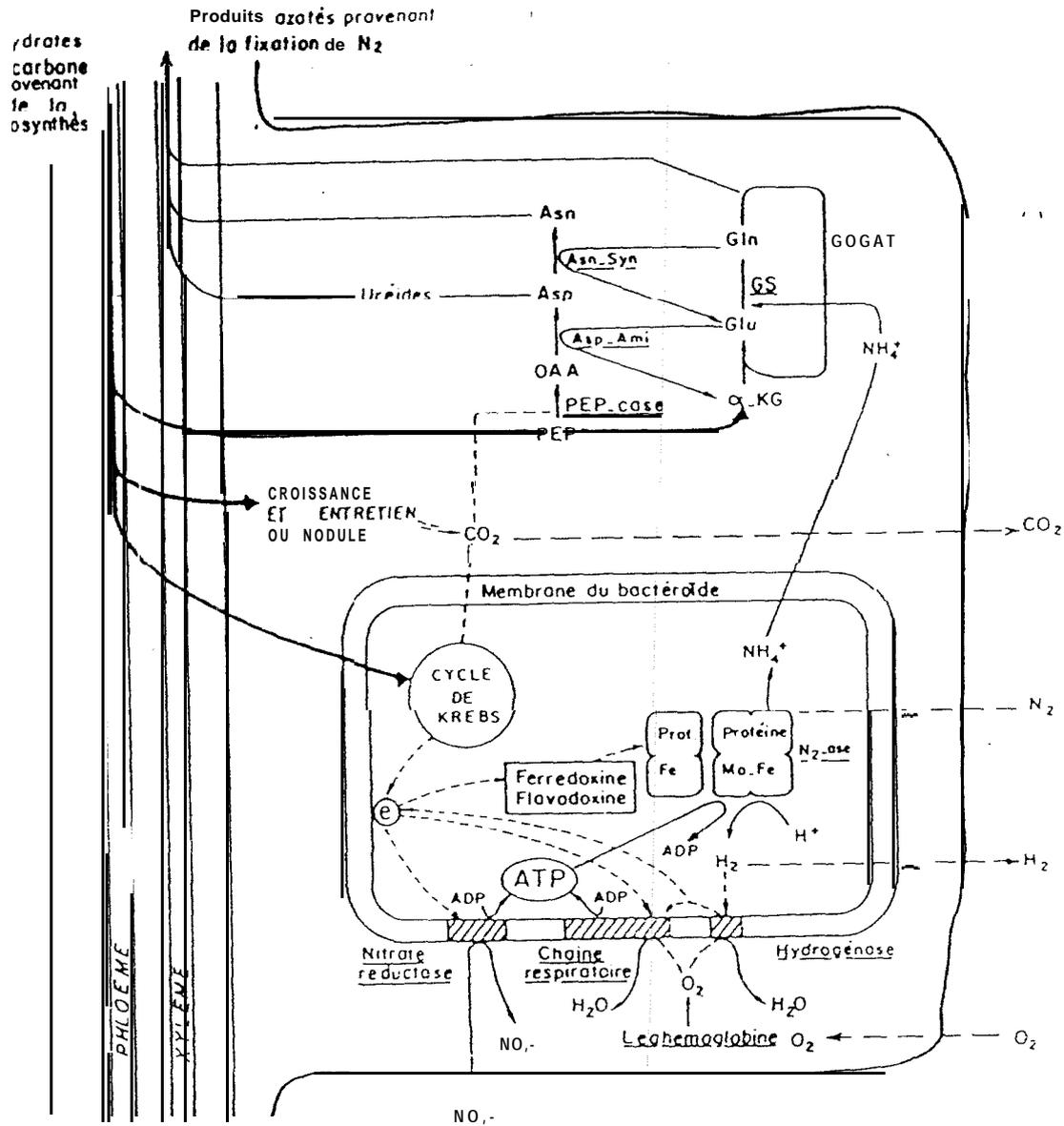


Fig. 3 : Transport de l'azote dérivé de la fixation biologique

---

(ii) méthode basée sur l'activité réductrice de l'acétylène (ARA) décrite par Hardy et al (1973) ;

(iii) méthode par différence (Williams et al., 1977) et

(iv) méthode utilisant l'isotope marqué  $^{15}\text{N}$  (Fred et Brochard, 1975).

Utilisant la méthode par différence, Rizk a montré que l'arachide fixait 79 kgN/ha. Avec la même méthode, Ratner et al. (1979) ont estimé que cette fixation était comprise entre 87 et 222 kgN/ha.

## **6. Facteurs limitants de la fixation biologique de l'azote**

Dans un système agricole, le potentiel fixateur d'azote d'une symbiose légumineuse-*Rhizobium* ne s'exprime que si la symbiose est préservée de l'intervention des facteurs limitants qui sont d'ordre édaphique, climatique et biologique.

### **6.1 Facteurs édaphiques**

#### **6.1.1 Eau du sol**

L'influence de l'eau du sol sur la fixation biologique de l'azote chez l'arachide n'a pas encore été étudiée dans le cas des sols du Sénégal. Toutefois, il faudra convenir qu'une humidité excessive (en particulier l'engorgement) est nuisible à la symbiose légumineuse-*Rhizobium* et qu'une sécheresse inhibe la nodulation et réduit la fixation de l'azote.

#### **6.1.2 Acidité**

L'arachide est une des légumineuses tropicales aptes à tolérer l'acidité (pH = 4-5).

---

---

### 6.1.3 Phosphore et azote combiné

En limitant la croissance de la plante, le phosphore limite la nodulation et la fixation de l'azote. L'azote combiné (azote nitrique et ammoniacal) a un effet inhibiteur sur la symbiose légumineuse-*Rhizobium* se traduisant par un blocage de l'infection et une diminution de la fixation de l'azote.

### 6.2 Facteurs climatiques

La température est le facteur climatique le plus important. Chez beaucoup de légumineuses, les températures élevées sont défavorables à la nodulation et à la fixation de l'azote.

L'arachide peut noduler à des températures avoisinant 35°C (Guèye, comm. pers.).

### 6.3 Facteurs biologiques

Dans les sols sénégalais, les deux principaux facteurs biologiques qui limitent la fixation de l'azote chez l'arachide sont les *Rhizobium* natifs et les nématodes.

#### 6.3.1 Présence de *Rhizobium* natifs

Au Sénégal, les sols renferment une microflore rhizobienne (*Rhizobium* natifs) très infective et dont l'importance est très variable. Ndiaye (1986), rapporte que la population de *Rhizobium* natifs dans le sol de Bambey est supérieure à celle des *Rhizobium* natifs du sol de Niore. Dans ces sols, l'inoculation de l'arachide avec une souche de *Rhizobium* hautement effective dépend alors en très grande partie de sa compétitivité, vis-à-vis des souches natives, c'est-à-dire de son aptitude à induire une nodulation en présence des souches de *Rhizobium* natifs.

#### 6.3.2 Présence de nématodes

Les nématodes provoquant des lésions sur les racines (*Pratylenchus*)

---

---

empêchent souvent la nodulation de l'arachide alors que les nématodes produisant des galles (*Méloidogynes*) diminuent la fixation de l'azote en interférant avec la nodulation (Germani, comm. pers.). Rappelons que les partenaires de la symbiose légumineuse-*Rhizobium* sont la plante-hôte et le *Rhizobium* qui évoluent dans un environnement donné. L'amélioration des performances symbiotiques est possible en agissant sur l'un ou l'autre des deux partenaires ou en agissant sur l'environnement. La sélection des souches de *Rhizobium effectives* et compétitives (rôle principal des MIRCENS), l'analyse génétique des *Rhizobium* et l'étude des techniques d'inoculation constituent actuellement les principales voies de recherche dans l'amélioration de la fixation biologique de l'azote par l'approche microbienne. Au Sénégal, Ndoye et al. (1991) ont sélectionné en serre deux souches de *Rhizobium* effectives sur les variétés 73-30 et 73-33 de l'arachide.

Notre travail a consisté à effectuer un essai d'inoculation de l'arachide afin de pouvoir déterminer :

- la nécessité d'inoculer l'arachide au Sénégal
- la compétitivité des souches de *Rhizobium* antérieurement sélectionnées par Ndoye et al. (1991).
- l'aptitude de ces souches à induire une nodulation efficiente en présence d'azote combiné.

## Matériels et méthodes

Un essai d'inoculation au champ de l'arachide a été conduit en station expérimentale et en milieu paysan.

### 1. Variétés d'arachide

Les variétés 73-30 et 73-33 ont été utilisées pour l'essai. Les caractéristiques de ces variétés sont présentées en Annexe 1. Toutefois, compte tenu des changements de la carte variétale de l'arachide au Sénégal, les zones de culture de ces deux variétés ont subi des migrations vers le sud du pays. La variété

---

---

73-30 est cultivée entre 600 et 800 mm tandis que la variété 73-33 est cultivée entre les isohètes 800 et 1000 mm.

## 2. Souches de *Rhizobium*

Deux souches de *Rhizobium*, MAO 318 et RCH ont été utilisées pour inoculer les variétés d'arachide décrites au paragraphe précédent. MAO 318 est une souche de *Rhizobium* isolée de l'arachide, variété 55-437, cultivée dans un pot contenant du sol prélevé à la station C2 Nord du Centre National de Recherche Agronomique (CNRA) de Bambey. RCH est une souche de *Rhizobium* isolée également de l'arachide et qui nous est fournie par le laboratoire de microbiologie des sols de l'Office de Recherche Scientifique et Techniques pour le Développement en Coopération (ORSTOM) de Dakar.

## 3. Description de l'essai

L'essai dont le plan est indiqué en Annexe 2 comporte six traitements :

**Traitement 1. Témoin** : les graines n'ont pas été inoculées avec une souche de *Rhizobium* et n'ont reçu aucun apport d'engrais azoté.

**Traitement 2. Azote** : les graines n'ont pas été inoculées avec une souche de *Rhizobium* mais ont reçu une application d'engrais NPK, 8-18-27 à raison de 150 Kg/ha.

**Traitement 3. MAO 318/T** : les graines ont été enrobées avec la souche de *Rhizobium* MAO 318 incluse dans de la tourbe et n'ont pas reçu d'engrais azoté.

**Traitement 4. MAO 318/L** : les graines ont été inoculées avec la souche de *Rhizobium* MAO 318 apportée sous forme liquide et n'ont reçu aucun engrais azoté.

**Traitement 5. RCH/T** : même procédé que pour le traitement 3 en utilisant la souche de *Rhizobium* RCH uniquement.

---

---

### Traitement 6. RCH/L : inoculation des graines avec la souche RCH sous forme liquide.

A l'exception des parcelles traitées avec de l'engrais 8-18-27, toutes les parcelles ont reçu un engrais de fond composé de phosphate supertriple ( $P_2O_5$ ) à raison de 27 kg/ha et de chlorure de calcium (KCl) à raison de 40 kg/ha.

L'essai a été réalisé sur un dispositif factoriel en split-plot complètement randomisé avec quatre répétitions dans lequel les traitements "inoculation" constituent le premier facteur et les variétés le second facteur. Nous avons semé l'arachide manuellement selon un écartement de 50 cm entre les lignes et 15 cm sur la ligne à raison d'une graine par poquet.

#### 4. Méthodes d'inoculation

Deux types d'inoculum ont été utilisés.

##### 4.1 Inoculum liquide

Chaque souche de *Rhizobium* a été mise en culture dans un milieu YEM (yeast extract manitol) contenant par litre d'eau distillée :  $K_2HPO_4$  : 0,5 g ;  $MgSO_4 \cdot 7H_2O$  : 0,2 g ; NaCl : 0,1 g ; manitol : 10 g ; extrait de levure : 1 g. Ce milieu a été stérilisé à 120°C pendant 20 mn à l'autoclave. Après 7 jours de croissance, la suspension rhizobienne obtenue (10<sup>9</sup> cellules/ml) a été appliquée directement sur la graine à raison de 2 ml par poquet.

##### 4.2 Inoculum tourbe

L'inoculum liquide préparé comme décrit au paragraphe ci-dessus est mélangé avec de la tourbe stérile dont le pH a été préalablement ajusté à 7,0. Après 7 jours d'incubation à la température ambiante, l'inoculum tourbe ainsi obtenu a été appliqué sur les graines d'arachide selon la technique d'enrobage des graines recommandée par la FAO (1985) à raison de 4 g/kg d'arachide conformément au contrôle de la qualité de l'inoculum effectué et décrit en Annexe 3.5.

---

---

## 5. Sites expérimentaux

L'essai a été conduit dans trois localités distinctes : dans deux stations expérimentales de l'Institut Sénégalais de Recherches Agricoles (ISRA) sises à Bambey et à Nioro et dans un champ paysan situé à Mbakhane, dans le département de Diourbel, (Fig.4). Le sol de ces localités renferme très peu d'éléments nutritifs comme l'indique le Tableau 2.

## Résultats et discussion

L'effet de l'inoculation de l'arachide a été évalué en mesurant quelques paramètres de la fixation biologique de l'azote : poids sec des parties aériennes et des nodules, activité réductrice de l'acétylène (ARA), teneur en azote et azote total des parties aériennes.

Tous les résultats sont indiqués aux Tableaux 3, 4, 5, 6, 7 et 8.

### 1. Effet principal des différents types d'inoculum

A Bambey et à Nioro, aucun effet principal de l'inoculum n'a été observé sur les différents paramètres de la fixation de l'azote étudiés. Par contre, à Mbakhane, on a constaté un effet principal significatif sur l'ARA total, sur l'ARA spécifique et sur la teneur en azote (N %), (Tableau 3) : la souche de *Rhizobium* RCH apportée sous forme liquide a amélioré l'ARA total des plantes de 89, 69, et 132 % respectivement par rapport aux plantes ayant reçu un apport d'engrais NPK 8-18-27 à la dose de 150 kg/ha, aux plantes inoculées avec la souche MAO 318 apportée sous forme liquide et aux plantes inoculées avec la souche MAO 318 apportée sous forme de tourbe ; l'inoculation de l'arachide avec la souche de *Rhizobium* RCH apportée sous forme liquide a également amélioré l'ARA spécifique comparativement aux plantes ayant reçu de l'engrais NPK 8-18-27 (+ 68 %) et la teneur en azote comparativement aux autres traitements (incluant les plantes infectées par les souches natives et les plantes ayant reçu de l'engrais NPK).

L'enrobage des graines avec un inoculum tourbe est généralement la méthode la plus utilisée pour inoculer les légumineuses (Burton, 1981 ; Bordeleau, 1990).

---

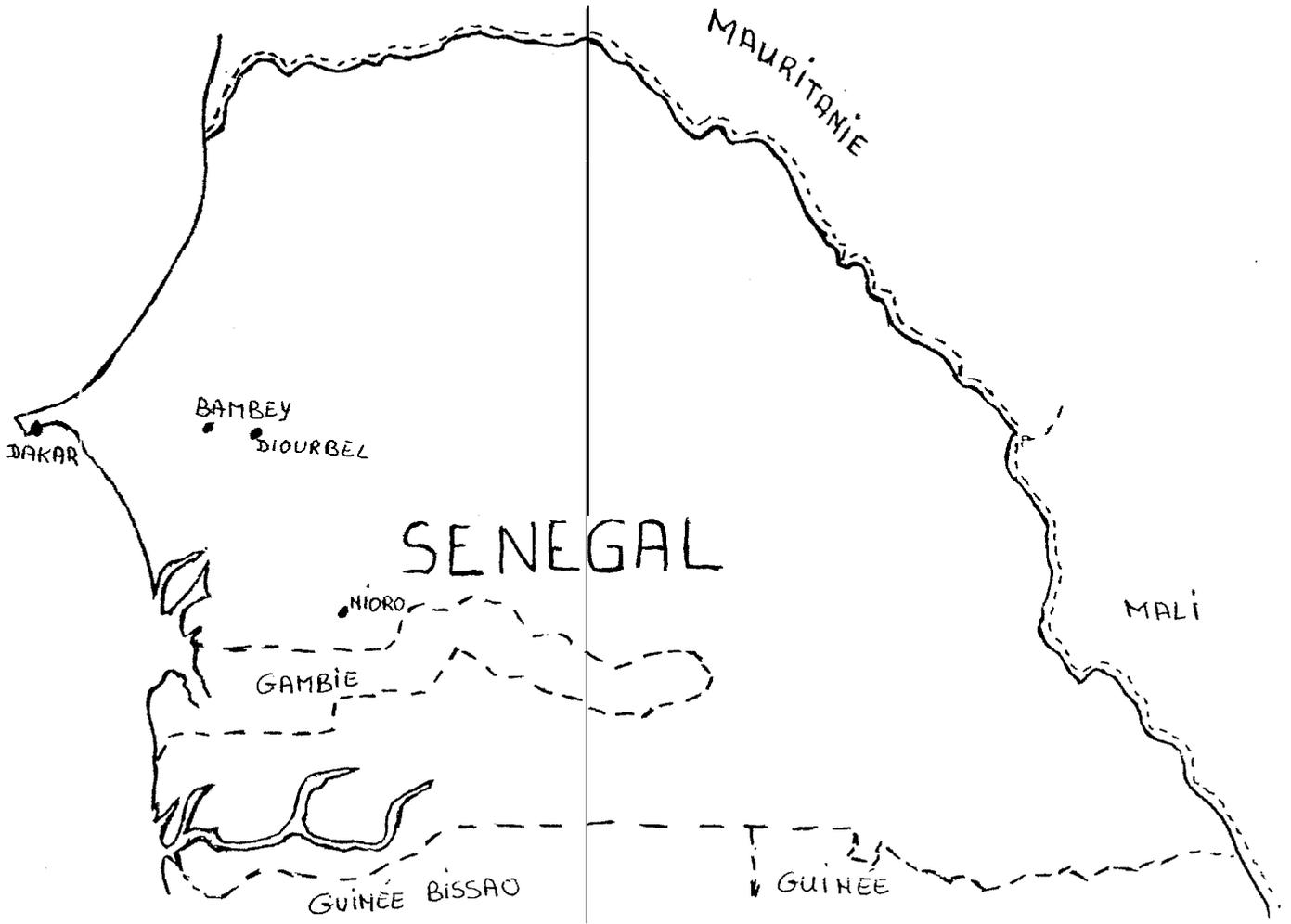


Fig. 4 : Différents sites expérimentaux

Tableau 2 : **Caractéristiques** physico-chimiques des sols des stations expérimentales de Bambey et Nioro.

<b>Caractéristiques</b>	<b>Stations expérimentales (*)</b>	
	<b>Bambey</b>	<b>Nioro</b>
C Total (%)	0,51	0,31
N Total (%)	0,03	0,03
P Total (ppm)	74	337
P assimilable (ppm P)	4	68,3
Argile (%)	6,4	3,3
Limon (%)	7,3	1,8
Sable (%)	86,3	94,9
pH (KCl)	7,0	5,9
pH (H <sub>2</sub> O)	7,8	6,8

(\*) : L'analyse du sol du village de Mbakhane n'a pas été effectuée.

Tableau 3 : Effet principal de différentes méthodes d'inoculation de l'arachide (variétés 73-30 et 73-33) avec des souches de *Rhizobium cultivée* au champ en station expérimentale (Bambey et Nioro) et en milieu paysan (Mbakhane, département de Diourbel)

Localités	Traitements (3)	Poids sec (g/10 pl.)		ARA total	ARA spécifique	Teneur en azote (N %)	N total (g/10 pl.)
		Parties aériennes	Nodules	( $\mu\text{mole/h}10 \text{ pl.}$ )	( $\mu\text{mole/h/mg}$ )		
Bambey	Témoin	60,20 a	0,55 a	50,96 a	0,10 a	2,90 a	1,70 a
	Azote	76,00 a	0,84 a	71,40 a	0,10 a	2,90 a	2,20 a
	MAO 318/T	56,80 a	0,33 a	36,96 a	0,12 a	3,00 a	1,70 a
	MAO 318/L	36,00 a	0,29 a	30,97 a	0,09 a	2,90 a	1,00 a
	RCH/T	52,00 a	0,37 a	43,24 a	0,12 a	2,80 a	1,30 a
	RCH/L	49,50 a	0,58 a	94,69 a	0,17 a	2,80 a	1,40 a
	C.V. (%)	19,61	38,52	52,69	26,74	5,04	25,25
	LSD 0,05	59,29	0,82	95,64	0,09	0,42	1,78
Nioro (1)	Témoin	195,00 a	1,03 a	184,05 a	0,18 a	3,30 a	6,30 a
	Azote	223,60 a	0,66 a	120,73 a	0,17 a	2,90 a	5,40 a
	MAO 318/T	184,70 a	0,46 a	95,93 a	0,16 a	3,10 a	5,80 a
	MAO 318/L	143,30 a	0,57 a	71,22 a	0,11 a	2,80 a	4,10 a
	RCH/T	186,50 a	0,60 a	83,40 a	0,13 a	3,20 a	6,10 a
	RCH/L	202,80 a	0,92 a	183,12 a	0,18 a	3,10 a	6,40 a
	C.V.(%)	18,33	52,36	49,35	42,50	6,30	35,40
	LSD 0,05	109,4	0,6	128,14	0,10	0,69	3s
Mbakhane (2)	Témoin	34,20 a	0,20 a	40,21 bc	0,20 ab	2,80 c	0,90 a
	Azote	38,50 a	0,23 a	37,30 bc	0,16 b	2,90 c	1,10 a
	MAO 318/T	40,60 a	0,27 a	44,69 bc	0,17 ab	2,70 c	1,10 a
	MAO 318/L	35,10 a	0,20 a	32,62 c	0,18 ab	3,00 bc	1,00 a
	RCH/T	35,00 a	0,27 a	67,63 ab	0,25 ab	3,30 ab	1,00 a
	RCH/L	41,60 a	0,29 a	75,96 a	0,27 a	3,50 a	1,20 a
	C.V. (%)	15,66	37,67	40,52	34,43	8,11	21,13
	LSD 0,05	14,90	0,15	29,56	0,09	0,35	0,6

(1) : Les prélèvements de plantes ont été effectués tardivement à Nioro.

(2) : Les prélèvements à Mbakhane ont été effectués sur 5 plantes.

(3) : Le traitement "Azote" est une application d'engrais NPK, 8-18-27 à la dose de 150 kg/ha.

Les valeurs suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 % d'après le test de Duncan.

---

Cependant les résultats indiqués au Tableau 3 montrent qu'une souche de *Rhizobium* (RCH), apportée sous forme liquide, améliore la fixation biologique de l'azote et la teneur en azote parties aériennes des variétés 73-30 et 73-33 de l'arachide cultivée au village de Mbakhane. Ce type de réponse de l'arachide à l'inoculation avec une souche de *Rhizobium* apportée sous forme liquide est comparable aux résultats de Narnbhar et Dart (1982) qui ont obtenu en Inde une réponse significative de l'inoculation de la variété Robut 33-1 avec la souche NC 92 apportée sous forme liquide et aux résultats de Guèye (1991) montrant l'effet de l'inoculation du niébé (*Vigna unguiculata*) avec une souche de *Rhizobium* également apportée sous forme liquide.

Tenant compte de la très longue pratique de la culture de l'arachide au village de Mbakhane, le nombre de *Rhizobium* infectifs sur l'arachide présents dans ce sol doit être relativement élevé bien qu'aucune estimation précise n'ait été effectuée. Cela suppose que la souche de *Rhizobium* RCH est plus compétitive sur les variétés 73-30 et 73-33 que les souches de *Rhizobium* natifs : le poids sec des nodules plus élevé (mais non significatif) constaté sur les plantes inoculées avec la souche RCH apportée sous forme liquide en est une indication : 290 mg pour 200 mg observé chez les plantes non inoculées.

## 2. Effet principal des variétés d'arachide

Dans toutes les localités il y a une meilleure réponse à l'inoculation de la variété 73-33 (Tableau 4) : à Bambey, le poids sec des nodules et l'ARA total sont supérieurs à ceux de la variété 73-30 (+ 75 % et + 67 % respectivement) ; à Nioro, la prédominance de la variété 73-33 sur la variété 73-30 s'est manifestée sur le poids sec des parties aériennes (+ 31 %), la teneur en azote (+ 6 %) et l'azote total des parties aériennes (+ 32 %) ; à Mbakhane, cette prédominance a été observée sur le poids sec des parties aériennes (+ 43 %), l'ARA total (+ 20 %) et sur l'azote total des parties aériennes (+ 44 %). Les importantes variations intraspécifiques de la fixation de l'azote existant chez une légumineuse ont été décrites par plusieurs auteurs. Chez l'arachide, Dommergues et al. (1979) avaient montré que la variété 28-206 fixe l'azote mieux que la variété 55-437 ; Ndoye et al. (1991) ont par la suite criblé parmi plusieurs variétés étudiées en serre, les variétés 73-30 et 73-33 qui s'associaient mieux avec les souches de *Rhizobium* MAO 318 et RCH. Notre étude a montré qu'au champ, la variété

---

**Tableau 4** : Effet principal des **variétés** 73-30 et 73-33 de l'arachide inoculées avec des souches de *Rhizobium* au champ en station expérimentale (Bambey et Nioro) et en milieu paysan (MBakhane, département de Diourbel).

Localités	Variétés	Poids sec (g/10 pl.)		ARA total	ARA spécifique	Teneur en azote (N%)	N total (g/10 pl.)
		Parties aériennes	Nodules	( $\mu$ mole/h/10 pl.)	( $\mu$ mole/h/mg)		
Bambey	73-30	53,50 a	0,36 b	40,89 b	0,12 a	2,90 a	1,50 a
	73-33	56,70 a	0,63 a	68,52 a	0,11 a	3,00 a	1,60 a
	C.V. (%)	19,61	38,52	52,69	26,74	5,04	25,25
	LSD 0,05						
Nioro (1)	73-30	163,60 a	0,68 a	117,84 a	0,15 a	3,00 b	4,90 b
	73-33	215,10 b	0,74 a	128,31 a	0,16 a	3,20 a	6,50 a
	C.V. (%)	18,33	52,36	49,35	42,50	6,30	35,40
	LSD 0,05						
MBakhane (2)	73-30	30,80 b	0,22 a	40,55 b	0,19 a	3,10 a	0,90 b
	73-33	44,10 a	0,27 a	48,92 a	0,22 a	3,00 a	1,30 a
	C.V. (%)	15,66	37,67	40,52	34,43	8,11	21,13
	LSD 0,05						

(1) : Les **prélèvements** des plantes ont **été effectués** tardivement à Nioro.

(2) : Les **prélèvements** à MBakhane ont **été effectués** sur 5 plantes.

Les valeurs suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 % d'après le test de Duncan.

---

73-33 répond mieux à l'inoculation avec la souche de *Rhizobium* MAO 318 ou avec la souche RCH. Cette réponse est plus prononcée à Mbakhane où il y a eu une amélioration du poids sec et de l'azote total des parties aériennes.

### 3. Interaction souches de) *Rhizobium*-variétés d'arachide

Dans les trois localités, il y eu des différences significatives entre les interactions souches de *Rhizobium* (MAO 318 ou RCH)-variétés d'arachide (73-30 ou 73-33), (Tableaux 5, 6, 7). Les interactions les plus significatives dans chaque localité et pour chaque paramètre de la fixation de l'azote sont récapitulées dans le Tableau 8. En considérant uniquement la variété 73-33 qui est prédominante sur la variété 73-30, il apparaît :

- (i) A Bambey, l'arachide répond mieux à un apport d'engrais NPK 8-18-27 à la dose de 150 Kg/ha qu'à une inoculation avec une souche de *Rhizobium* (MAO 318 ou RCH).
- (ii) A Nioro, l'arachide répond mieux à l'inoculation avec la souche de *Rhizobium* RCH qu'à un apport d'engrais NPK 8-18-27 à la dose de 150 Kg/ha. Cette réponse de l'arachide à l'inoculation avec une souche de *Rhizobium* est compatible avec la faible population de *Rhizobium* natifs présents dans ce sol rapporté par Ndiaye (1986).
- (iii) A Mbakhane, l'arachide répond mieux à l'inoculation quand elle est associée à la souche de *Rhizobium* RCH apportée sous forme liquide.

### Conclusion

Rappelons tout d'abord que l'inoculation des légumineuses avec des souches de *Rhizobium* n'est pas une pratique courante au Sénégal. Dans le cas de l'arachide, les essais préliminaires effectués par Wey en 1972 avaient montré que l'inoculation n'était pas nécessaire à cause de la présence dans le sol de souches de *Rhizobium* indigènes. Confirmant ce résultat, notre étude a également

---

**Tableau 5 :** Interactions de différents traitements avec les variétés 73-30 et 73-33 d'arachide inoculées avec des souches de *Rhizobium* au champ à la station expérimentale de Bambey.

Traitements	Variétés	Poids sec (g/10 pl.)		ARA total ( $\mu\text{mole/h/10 pl.}$ )	ARA spécifique ( $\mu\text{mole/h/mg}$ )	Teneur en azote (N %)	N total (g/10 pl.)
		Parties aériennes	Nodules				
Témoin	73-30	59,00 bc	0,41 cde	38,50 bc	0,10 c	3,00 ab	1,70 bc
	73-33	61,40 bc	0,69 bc	63,41 bc	0,09 c	2,90 abc	1,70 bc
Azote (1)	73-30	71,80 ab	0,65 bcd	67,07 bc	0,12 bc	2,80 bc	2,00 ab
	73-33	80,30 a	1,02 a	75,72 b	0,09 c	3,10 a	2,50 a
MAO 318/T	73-30	55,80 bc	0,46 cde	21,65 c	0,12 bc	3,00 ab	1,70 bc
	73-33	58,00 bc	0,46 cde	52,28 bc	0,11 bc	3,10 a	1,80 b
MAO 318/L	73-30	35,80 d	0,25 e	21,14 c	0,09 c	3,00 ab	1,10 c
	73-33	36,30 d	0,33 e	40,79 bc	0,10 c	2,90 abc	1,10 c
RCH/T	73-30	49,00 cd	0,29 e	36,94 bc	0,12 bc	2,90 abc	1,40 bc
	73-33	55,00 bc	0,46 cde	49,55 bc	0,13 abc	2,80 bc	1,30 bc
RCH/L	73-30	49,50 cd	0,36 de	60,04 bc	0,17 a	2,70 c	1,40 bc
	73-33	49,50 cd	0,79 ab	129,35 a	0,16 ab	3,00 ab	1,50 bc
C.V. (%)		19,60	38,52	52,69	26,74	5,04	25,25
LSD 0,05		16,05	0,28	42,82	0,05	0,22	0,60

(1) : Le traitement "Azote" est une application d'engrais NPK, 8-18-27 à la dose de 150 kg/ha.

Les valeurs suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 % d'après le test de Duncan.

**Tableau 6** : Interactions de différents traitements avec les variétés 73-30 et 73-33 d'arachide inoculées avec des souches de *Rhizobium* au champ à la station expérimentale de Nioro.

Traitements	Variétés	Poids sec (g/10 pl.)		ARA total	ARA spécifique	Teneur en azote (N %)	N total (g/10 pl.)
		Parties aériennes	Nodules	( $\mu\text{mole/h/10 pl.}$ )	( $\mu\text{mole/h/mg}$ )		
Témoin	73-30	161,20 cd	1,06 ab	165,58 ab	0,16 ab	3,20 ab	5,20 abc
	73-33	228,80 ab	1,01 abc	202,51 a	0,19 ab	3,30 a	7,50 ab
<b>Azote (1)</b>	73-30	167,30 cd	0,75 abc	143,26 abc	0,19 ab	2,80 c	4,80 abc
	73-33	280,00 a	0,59 abc	98,21 bc	0,15 ab	3,10 ab	6,20 abc
MAO 318/T	73-30	197,90 bc	0,42 c	95,67 bc	0,14 ab	3,00 abc	6,00 abc
	73-33	171,50 cd	0,50 bc	96,18 bc	0,17 ab	3,20 ab	5,70 abc
MAO 318/L	73-30	128,30 d	0,41 c	58,44 c	0,13 ab	2,70 c	3,50 c
	73-33	158,50 cd	0,74 abc	84,01 bc	0,09 b	3,00 abc	4,80 abc
RCH/T	73-30	132,90 d	0,74 abc	101,05 bc	0,12 ab	3,20 ab	4,30 bc
	73-33	240,20 ab	0,47 bc	65,74 bc	0,13 ab	3,20 ab	7,80 a
RCH/L	73-30	193,80 bc	0,70abc	143,04 abc	0,14 ab	2,90 bc	5,80 abc
	73-33	212,00 bc	1,14 a	223,21 a	0,22 a	3,30 a	7,00 ab
C.V. (%)		18,33	52,36	49,35	42,50	6,30	35,40
LSD 0,05		51,55	0,56	90,23	0,10	0,29	3,00

(1) : Le traitement "Azote" est une application d'engrais NPK, 8-18-27 à la dose de 150 kg/ha.

Les valeurs suivies d'une même lettre ne sont pas différentes au seuil de 5 % d'après le test de Duncan.

**Tableau 7 :** Interactions de différents traitements avec les variétés 73-30 et 73-33 d'arachide inoculées avec des souches de *Rhizobium* au champ au village de MBakhane, département de Diourbel.

Traitements	variétés	Poids sec (g/5 pl.)		ARA total ( $\mu$ mole/h/5 pl.)	ARA spécifique ( $\mu$ mole/h/mg)	Teneur en azote (N %)	N total (g/5 pl.)
		Parties aériennes	Nodules				
Témoin	73-30	27,50 d	0,17 a	26,44 a	0,15 b	2,90 bcd	0,80 d
	73-33	40,90 abc	0,21 a	53,99 abc	0,25 ab	2,80 cd	1,10 bcd
Azote (1)	73-30	31,30 d	0,20 a	31,16c	0,15 b	3,00 bcd	1,00 bcd
	73-33	45,80 ab	0,26 a	43,43 bc	0,16 b	2,80 cd	1,20 bc
MAO 318/T	73-30	30,40 d	0,24 a	35,19 bc	0,17 ab	2,80 cd	0,90 d
	73-33	49,80 a	0,32 a	54,19 abc	0,17 ab	2,70 d	1,30 b
MAO 318/L	73-30	33,80 cd	0,20 a	31,67 c	0,16 b	3,10 bcd	1,00 bcd
	73-33	36,50 bcd	0,19 a	33,58 c	0,20 ab	3,00 bcd	1,10 bcd
RCH/T	73-30	26,90 d	0,24 a	51,20 abc	0,24 ab	3,30 ab	0,90 cd
	73-33	43,30 abc	0,31 a	84,05 a	0,27 ab	3,20 bc	1,10 bcd
RCH/L	73-30	35,00 cd	0,26 a	67,66 ab	0,29 a	3,30 ab	1,20 bcd
	73-33	48,30 a	0,33 a	84,25 a	0,25 ab	3,60 a	1,80 a
C.V. (%)		15,66	37,67	40,52	34,43	8,11	21,13
LSD 0,05		8,71	0,14	29,94	0,11	0,40	0,35

(1) : Le traitement "Azote" est une application d'engrais NPK 8-18-27 à la dose de 150 kg/ha.

Les valeurs suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 % d'après le test de Duncan.

Tableau 8 : Interactions très significatives entre les souches de *Rhizobium* MAO 318 et RCH apportées sous forme liquide (L) ou sous forme de tourbe (T) et la variété d'arachide 73-33 sur différents paramètres de la fixation biologique de l'azote dans les stations expérimentales de Bambey et Nioro et dans un champ paysan de Mbakhane, département de Diourbel.

Localités	Paramètres de la fixation biologique de l'azote					
	Parties aériennes	Nodules	ARA total	ARA spécifique	Teneur en azote (N %)	N total
Bambey	73-33 x Azote (1)	73-33 x Azote	73-33 x RCH/L	73-33 x RCH/L	73-33 x Azote 73-33 x MAO 318/T	73-33 x Azote
Nioro	73-33 x Azote	73-33 x RCH/L	73-33 x RCH/L	73-33 x RCH/L	73-33 x Témoin 73-33 x RCH/L	73-33 x RCH/T
MBakhane	73-33 x MAO 318/T 73-33 x RCH/L	73-33 x RCH/L 73-33 x RCH/T 73-33 x MAO 318/T	73-33 x RCH/L	73-33 x RCH/L	73-33 x RCH/L	73-33 x RCH/L

(1) : Le traitement "Azote" est une application d'engrais NPK 8-18-27 à la dose de 150 kg/ha.

---

montré que dans des localités où la population rhizobienne du sol est faible, l'inoculation de l'arachide avec une souche de *Rhizobium* appropriée pourrait améliorer la croissance d'une variété convenablement sélectionnée. C'est le cas de Nioro où l'inoculation de la variété 73-33 avec la souche RCH a amélioré le poids sec des parties aériennes et l'activité fixatrice d'azote. Toutefois, il convient de remarquer que cette réponse de l'arachide à l'inoculation avec une souche de *Rhizobium* a été obtenue en utilisant un inoculum liquide. Cette méthode permet d'apporter un nombre de *Rhizobium* très élevé de façon à assurer la supériorité en nombre du *Rhizobium* introduit sur les souches de *Rhizobium* natives. On pourrait ainsi expliquer la relative compétitivité de la souche de *Rhizobium* RCH dans le sol de Mbakhane où on a constaté une réponse de la variété 73-33 à l'inoculation avec cette souche. Il faudrait alors mettre au point une méthode d'inoculation des légumineuses utilisant un inoculum liquide et applicable en milieu paysan.

Les résultats de notre expérience constituent les résultats de la première année d'un essai de longue durée sur l'inoculation de l'arachide au Sénégal. Ils ne permettent donc pas de conclure de façon absolue sur la nécessité d'inoculer l'arachide avec des souches de *Rhizobium* au Sénégal. Ces résultats montrent cependant que l'accroissement de la fixation de l'azote chez l'arachide au Sénégal pourrait se faire à Nioro en inoculant au champ la variété 73-33 avec la souche de *Rhizobium* RCH.

### Références bibliographiques

- Berhaut J 1967 Flore du Sénégal 2ème édition. Ed. Clairafrique, Dakar p. 53.
- Biarnes P 1988 Agriculture du Sénégal. Marchés tropicaux. 1938- 1940.
- Bordeleau L M 1990 Production and uses of *Rhizobium* inoculant. In : Gueye M, Mulongoy K and Dommergues Y (eds) Maximiser la fixation biologique de l'azote pour la production agricole et forestière en Afrique. p 153-172. Papiers présentés à la 3ème conférence AABNF, Dakar, Sénégal 7-12 Novembre 1988. Collection Actes de l'ISRA. Vol. 2 N°. 2.
- Burton J C 1976 Pragmatic aspects of the *Rhizobium* leguminous plant as-
-

- 
- sociation. *In* : Newton W E and Nyman C J (eds) Proceedings of the first international symposium on nitrogen fixation. p 429-446. Washington State University press.
- Burton J C 1981 *Rhizobium* inoculants for developing countries. *Trop. Agric. (Trinidad)* 58, 291-295.
- Dommergues Y, Diem H G and Ganry F 1979 The effect of soil microorganisms on plant productivity. *In* : Mongi H G and Huxley P A (eds) *Soil research in agroforestry*. p 205-241. Nairobi, ICRAF.
- Duggar J F 1935 The nodulation and other adaptations of certain summer legumes. *J. Am. Soc. Agron.* 27, 32-37.
- Fried M and Broeshart H 1975 An independent measurement of nitrogen fixed by a legume crop. *Plant and Soil.* 43, 707-711.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) 1985 *Les inoculums de légumineuses et leurs applications*. FAO Rome.
- Gibson A H 1963 Physical environment and symbiotic nitrogen fixation. 1. The effect of the root temperature on recently nodulated *Trifolium subterraneum* L. plants. *Aust. J. Biol. Sci.* 16, 28-42.
- Gueye M 1991 Inoculation au champ du niébé avec une souche de *Rhizobium*. Doc. Ronéo CNRA de Bambey 5 pp.
- Hardy W F, Burns R C and Holsten R D 1973 Application of the acetylene-ethylene assay for measurement of nitrogen fixation. *Soil Biol. Biochem.* 5, 47-81.
- Ndoye O, Toure O et Guèye M 1991 Choix d'une souche de *Rhizobium* pour l'inoculation de l'arachide au Sénégal. Doc. Ronéo CNRA Bambey 3 pp.
- Ratner E I, Lobe R, Feldhay H and Hartzook A 1979 Some characteristics of symbiotic nitrogen, yield, protein and oil accumulation in irrigated peanut (*Arachis hypogaea*). *Plant and Soil.* 51, 373-386.
- Rinaudo G, Dreyfus B and Dommergues Y 1983 *Sesbania rostrata* green manure and the nitrogen content of rice and soil. *Soil Biol. Biochem.* 15, 111-113.
-

---

Rizk S G 1966 J. Microbiol. (UAR). 1, 33-45.

Ryle G J, Powell C E and Gordon A J 1979 J. Exp. Bot. 30, 135-154.

Williams W A, Jones M B and Delwiche C C 1977 Agron. J.69, 1023-1024.

---

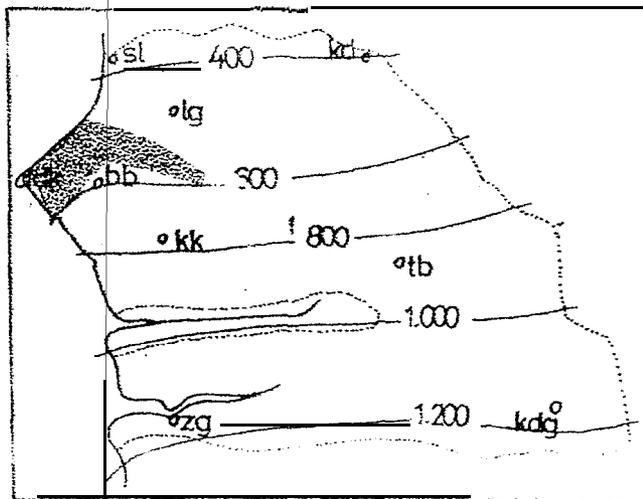
---

# **ANNEXE 1**

Principales caractéristiques  
des variétés 73-30 et 73-33 de l'arachide

---

73 30



**CLASSIFICATION**

ESPAGNOLE : Type Spanish  
BAHÉYEN : Type Spanish  
ANGLAISE : Type Spanish

**ORIGINE**

Accession CNRA/Bahéy  
 Ascendance F8 du croisement  
 61-24 x 59-127 (Spanish x Virginia type Saloum)

**CARACTERISTIQUES DE LA PLANTE**

PERIODE VEGETATIVE (Semis-Récolte) = 95 jours  
PORT : Très érigé ramification séquentielle  
FEUILLES : Moyennes à grandes de couleur claire

**CARACTERISTIQUES DES GOUSSES**

GRAND : Grosseur moyenne à queue mince  
RESEME : Peu marqué RENDIMENT AU DECOR-  
TOUR = 73 % CEINTURE : Peu marquée POIDS DE 100 GOUSSES = 110 g

Rdt POTENTIEL  
 1.500 à 2.000 kg/ha

**CARACTERISTIQUES DES GRAINES**

FORME : Allongée et petite  
COULEUR : Rose saumon TENEUR EN HUILE : 48 %  
POIDS : 100 POIDS DE 100 GRAINES : 58 g

**CARACTERISTIQUES AGRONOMIQUES**

Plante résistante : à la sécheresse, bonne résistance aux maladies  
 Semis à 160.000 pieds/ha (disques de trous)

**POINTS FORTS**

Longue durée totale et prolongée

**POINTS FAIBLES**

Rien à signaler

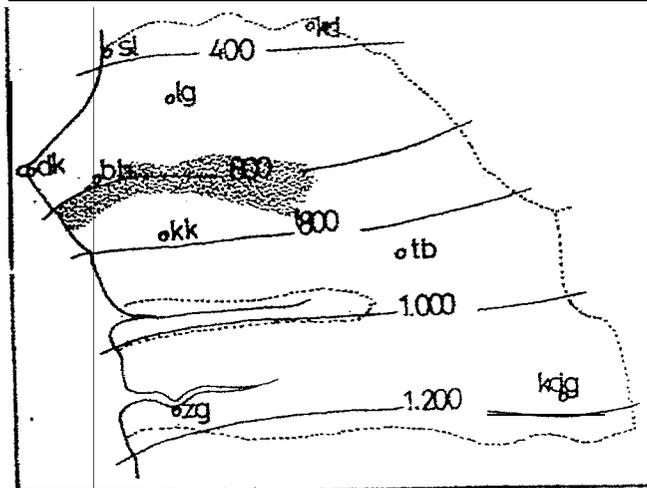
73 33

### CLASSIFICATION

BOTANIQUE : Type Virginia  
DAMBEY : Type Saloum érigé  
ANGLAISE : Type Fung

### ORIGINE

Floro-du-Rip (Sénégal)  
F.12 du croisement 58-560 x  
59-49 (= type Virginia) Eignée 1086



### CARACTERISTIQUES DE LA PLANTE

CYCLE VEGETATIF (Semis-récolte) : 105 à 110 jours  
GRN : Très érigé

Excellent regroupement des gousses. Ramification alternée  
FEUILLES : Moyennes de couleur foncée

### CARACTERISTIQUES DES GOUSSES

FORME : Grosseur moyenne

BEC : Moyen RESEAU : Net. RENDEMENT AU DECORTICAGE : 73%

SEMURE : Profonde POIDS DE 100 GOUSSES : 120 à 125 g

### CARACTERISTIQUES DES GRAINES

FORME : Allongée TENEUR EN HUILE : 50 %

COULEUR : Rose

REPLAT : Non POIDS DE 100 GRAINES : 48 à 50 g

### CARACTERISTIQUES AGRONOMIQUES

Très productive à 130.000 pieds hectare (10 kg de graines) Disques 30 cm x 30 cm  
Résistance normale aux maladies.  
Très bonne résistance à la sécheresse. Peut être utilisée en confiserie

### Rdt POTENTIEL

1.500 à 2.500 kg/ha

### POINTS FORTS

Plasticité remarquable.  
Résistante à la sécheresse.

### POINTS FAIBLES

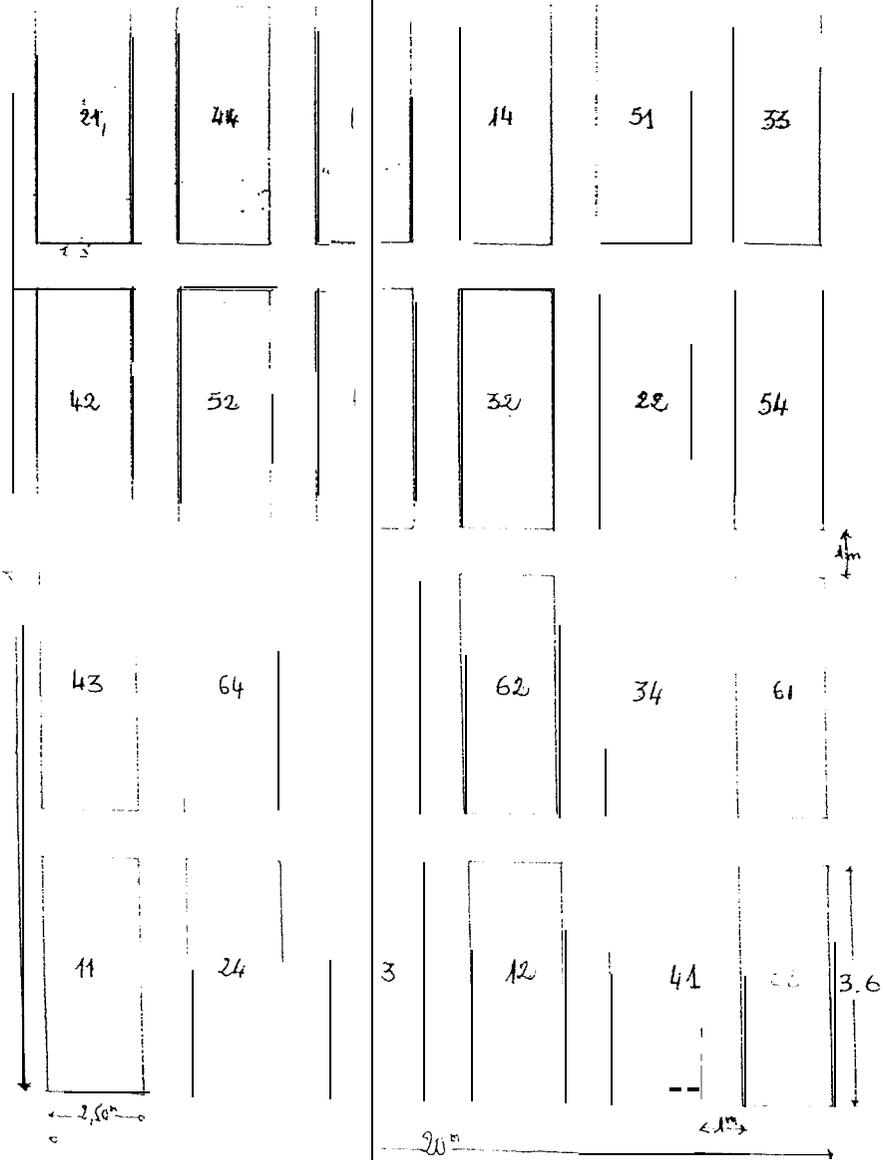
5% de germination immédiate à maturité. Taux de maturité complète assez bas.

---

# **ANNEXE 2**

Plan de l'essai

---



Plan de l'essai

---

# **ANNEXE 3**

Contrôle de la qualité  
de l'inoculum de *Rhizobium*  
destiné aux essais d'inoculation de l'arachide,

---

---

## Introduction

Le contrôle de la qualité de l'inoculum destiné aux essais d'inoculation de l'arachide avec des souches de *Rhizobium* a été effectué selon le protocole décrit par Guèye (1989).

Avant la mise en place des essais, nous avons dénombré les *Rhizobium* contenus dans un inoculum tourbe conservé à 4 °C (fabriqué avec la souche de *Rhizobium* RCH) et évalué leur pouvoir infectif sur la variété 73-33 de l'arachide.

## Préparation des unités de croissance

Les graines d'arachide ont été prégermées dans un bac contenant du sable de Cambérène dépourvu d'azote et préalablement stérilisé. Les plantules obtenues ont été ensuite repiquées dans des unités de croissance (1 plantule par unité) constituées par des jarres Léonard (Gibson, 1963).

## Préparation de l'inoculum

Un échantillon de 10 g de l'inoculum a été dispersé dans 90 ml de solution tampon conservée à 4 °C afin d'arrêter la croissance des *Rhizobium* pendant le contrôle de la qualité de l'inoculum. A partir de la suspension rhizobienne obtenue, nous avons effectué une série de suspension-dilution jusqu'à la dilution  $10^{-4}$  à partir de laquelle nous avons effectué une autre série de dilution de 5 en 5 jusqu'à la dilution 1 / 15625.

## Inoculation des unités de croissance

A partir de chaque dilution en 5, nous avons inoculé quatre unités de croissance contenant une plantule d'arachide (1 ml/unité de croissance). Nous avons également considéré quatre unités de croissance servant de témoin qui n'ont pas été inoculées avec une quelconque dilution de la suspension de *Rhizobium*.

---

---

### Estimation du nombre de *Rhizobium*

Le nombre caractéristique formé à partir des unités de croissance positives est 444434. Pour une série de dilution en cinq, la table MPN (Most Probable Number) indique  $70,6 \cdot 10^2$  et  $25,2 \cdot 10^3$  *Rhizobium* viables et infectifs correspondant respectivement aux nombres caractéristiques 444433 et 444444. Une règle de trois relativement simple permet de déterminer le nombre de *Rhizobium* viables et infectifs correspondant au nombre caractéristique 444434 et qui est égal à  $87 \cdot 10^2$ . Tenant compte des dilutions antérieures, le nombre définitif de *Rhizobium* viables et infectifs sur la variété 73-33 de l'arachide et contenus dans l'inoculum tourbe testé est de  $87 \cdot 10^6$ . En considérant que le nombre de *Rhizobium* viables et infectifs pour une fixation d'azote efficiente chez l'arachide est de  $10^5$  par graine et que 1 kg d'arachide contient 2205 graines, la dose recommandée pour l'inoculum tourbe testé est de 2,5 g par kg d'arachide.

Dans notre étude, nous avons légèrement augmenté cette dose en tenant compte des pertes éventuelles au cours de l'inoculation et avons appliqué une dose de 4 g par kg d'arachide (cf : paragraphe 4.2 de la section matériels et méthodes).

---

---

# SOMMAIRE

Introduction .....	4
Généralités sur la fixation biologique chez l'arachide .....	5
1 La plante .....	5
2 Le <i>Rhizobium</i> .....	5
3 Infection des racines de l'arachide par les <i>Rhizobium</i> .....	5
4 Fonctionnement du nodule .....	5
5 Fixation biologique de l'azote au champ .....	6
6 Facteurs limitants de la fixation biologique de l'azote .....	7
6.1 Facteurs édaphiques .....	7
6.1.1 Eau du sol .....	7
6.1.2 Acidité .....	7
6.1.3 Phosphore et azote combiné .....	8
6.2 Facteurs climatiques .....	8
6.3 Facteurs biologiques .....	8
6.3.1 Présence de <i>Rhizobium</i> natifs .....	8
6.3.2 Présence de Nématodes .....	8
Matériel et méthodes .....	9
1 Variétés d'arachide .....	9
2 Souches de <i>Rhizobium</i> .....	10
3 Description de l'essai .....	10
4 Méthodes d'inoculation .....	11

---

---

4.1 Inoculum liquide	11
4.2 Inoculum tourbe	11
5 Sites expérimentaux	12
<b>Résultats et discussion</b>	<b>12</b>
1 Effet principal des différents types d'inoculation	12
2 Effet principal des variétés d'arachide	13
3 Interaction souches de <i>Rhizobium</i> -variétés d'arachide	14
<b>Conclusion</b>	<b>14</b>
<b>Bibliographie</b>	<b>15</b>
Annexe 1	18
Annexe 2	20
Annexe 3	22

---