

EN 0101423
P342
GUE

REWBLLIQUE DU SENEGAL

MINISTERE DU DEVELOPPEMENT
RURAL ET DE L'HYDRAULIQUE

INSTITUT SENEGALAIS DE
RECHERCHES AGRICOLES
(I.S.R.A.)

B.P. 3120
DAKAR, Sénégal

CENTRE DE RECHERCHE POUR LE
DEVELOPPEMENT INTERNATIONAL
(C.R.D.I.)

B.P. 11007
DAKAR, Sénégal

1990

AUGMENTATION DE LA PRODUCTION DU HARICOT

(Phaseolus vulgaris) AU SENEGAL PAR LA

FIXATION BIOLOGIQUE DE L'AZOTE

(Projet de recherche)

Par

Mamadou GUEYE

MAI 1990

CENTRE NATIONAL DE RECHERCHES AGRONOMIQUES
DE BAMBEY
(C.N.R.A)

S O M M A I R E

	<u>PAGES</u>
PRESENTATION	1
1. INTRODUCTION	2
2. OBJECTIFS	2
3. PLAN DE RECHERCHE	3
3.1. Constitution d'une collection de souches de Rhizobium	3
3.2. Estimation quantitative de la Fixation d'Azote	5
3.3. Essais d'inoculation	7
3.4. Production d'inoculum	8
4. CONCLUSION	9
5. RESSOURCES	10
5.1. Infrastructures	10
5.2. Logistique	10
5.3. Personnel	10
6. BIBLIOGRAPHIE	11
7. BUDGET DU PROJET A LA CHARGE DU CRDI	12
8. CONTRIBUTION DE L' ISRA	16
Annexe 1 Produits Chimiques	17
Annexe 2 Gaz	19

REPUBLIQUE DU SENEGAL

MINISTERE DU DEVELOPPEMENT
RURAL ET DE L'HYDRAULIQUE

INSTITUT SENEGALAIS DE
RECHERCHES AGRICOLES
(I.S.R.A.)

B.P. 3120
DAKAR, Sénégal

CENTRE DE RECHERCHE POUR LE
DEVELOPPEMENT INTERNATIONAL
(C.R.D.I.)

B . P . 1 1 0 0 7
DAKAR, Sénégal

AUGMENTATION DE LA PRODUCTION DU HARICOT
(Phaseolus vulgaris) AU SENEGAL PAR LA
FIXATION BIOLOGIQUE DE L'AZOTE

LE COORDONNATEUR DU
PROGRAMME MIRCEAN

LE DIRECTEUR DES RECHERCHES SUR
PRODUCTIONS VEGETALES

LE DIRECTEUR GENERAL
DE L'ISRA

Mamadou GUEYE



Limamoulaye CISSE

Mouhamed El Habib LY

1. INTRODUCTION

En Afrique, les légumineuses à graines occupent une place de tout premier choix dans les petites exploitations agricoles où elles jouent un très grand rôle dans l'apport des protéines végétales et dans le maintien de la fertilité des sols cultivés.

Au Sénégal, la culture du haricot (Phaseolus vulgaris) connaît un essor relativement récent. Le haricot est cultivé pendant la saison sèche froide de Octobre à Avril. La principale zone de production est la région des Niayes où de nombreux paysans sont regroupés dans de petites exploitations agricoles à l'exemple de la Coopérative de Production Agricole de Thieudem (COPAT) qui exploite une superficie de 12 ha.

Bien qu'il existe une dizaine de variétés disponibles (ISRA, 1986), une seule (var. Bobino) est cultivée à grande échelle.

Le haricot produit au Sénégal est exporté en grande partie vers l'Europe (83%). Le reste de la production (17%) est destiné à la consommation locale, principalement dans les zones urbaines. Pour les paysans de la région des Niayes, la culture du haricot représente une source de devises très importante pendant la saison sèche (le pris du haricot au producteur est de 350 F/kg). Un circuit de commercialisation du haricot existe par l'intermédiaire des associations d'exportateurs (c.f. : Association des Exportateurs de Produits Agricoles du Sénégal = ASEPAS) qui achètent la production au niveau des coopératives agricoles et l'exportent principalement en Europe du Nord.

Dans la région des Niayes, en saison sèche, l'eau n'est pas un facteur limitant car la nappe y est très peu profonde (moins de 5 mètres) et de nombreux puits y sont aménagés pour la satisfaction des besoins en eau des cultures. Cependant, la production de haricot dans cette région est encore faible (moins de 5t/ha). Le principal facteur limitant la culture du haricot est l'absence totale de nodules sur les systèmes racinaires des plantes, ce qui entraîne une carence azotée préjudiciable à leur développement. De très nombreux efforts doivent alors être consentis pour favoriser et améliorer la Fixation Biologique de l'Azote (FBA) par le haricot dans la région des Niayes, et en conséquence, augmenter la production. En effet, bien que la réponse du haricot à l'inoculation avec des souches de Rhizobium soit variable (Graham, 1981), elle donne des résultats très probants en zone tropicale (Dart et Eaglesham, 1974 ; Duque et al., 1985 ; Bernard et Michelon, 1986 ; Salez et Saint Macary, 1986).

L'objectif du présent projet est d'augmenter la production du haricot au Sénégal, dans la région des Niayes par la FBA. Ce projet sera exécuté par l'Institut Sénégalais de Recherches Agricoles (ISRA), dans le cadre du programme du Centre de Ressources Microbiologiques (MIRCEN) domicilié au Centre National de Recherches Agronomiques (CNRA) de Bambey.

2. OBJECTIFS

2.1. Objectif général

Il s'agit de promouvoir l'utilisation de la technique de la FBA par les paysans pour augmenter la production du haricot pendant la saison sèche dans les petites exploitations agricoles localisées dans la région des Niayes, au Sénégal.

2.2. Objectifs spécifiques

- Constitution d'une collection de souches de Rhizobium phaseoli spécifiques pour le haricot et adaptées à la région des Niayes.
- Estimation quantitative de la FBA chez le haricot dans les conditions du Sénégal.
- Essais de démonstration de l'inoculation du haricot au champ avec des souches de Rhizobium.
- Production d'inoculum de Rhizobium pour le haricot.

3. PLAN DE RECHERCHE

3.1. Constitution d'une collection de souches de Rhizobium

Une étude préliminaire a montré l'absence totale de nodules chez le haricot dans la région des Niayes. Ceci suggère que le sol des Niayes est dépourvu de Rhizobium phaseoli spécifiques pour la nodulation du haricot ou que la nodulation du haricot est inhibée par un facteur non déterminé. Il y a donc vraisemblablement un besoin d'inoculer le haricot avec une ou des souches de Rhizobium phaseoli très effective et adaptée au sol de la région des Niayes.

Il est alors important dans cette étude d'envisager au MIRCEN une collection de souches de Rhizobium spécifiques et efficaces pour le haricot. Les souches de Rhizobium phaseoli sélectionnées peuvent être utilisées dans les petites exploitations agricoles pour l'amélioration de la production du haricot. Ces souches peuvent aussi être échangées dans le cadre du réseau des MIRCENS.

3.1.1. Isolement et conservation des souches de Rhizobium

Des souches de Rhizobium phaseoli seront isolées à partir de plusieurs sols prélevés dans différents endroits du Sénégal selon la technique décrite par Vincent (1970). Les souches seront ensuite cataloguées et conservées par lyophilisation.

3.1.2. Préévaluation du potentiel fixateur des associations Rhizobium-variétés de Haricot

Après une bonne croissance des souches de Rhizobium dans des erlens contenant du milieu YEM liquide, elles seront utilisées pour inoculer des plantules de haricot obtenues après prégermination des variétés de haricot et poussant dans des pots en terre cuite ($\emptyset = 18$ cm) contenant du sable très pauvre en azote et préalablement stérilisé. Tous les pots seront placés sur des tables installées dans une serre et une fois par semaine, on apportera une solution nutritive dépourvue d'azote (Hewitt, 1966).

Après 45 jours de croissance des plantes, l'effectivité de chaque souche de Rhizobium sera déterminé par rapport à un témoin non inoculé par :

- l'indice de nodulation (I.N.) de chaque association plante hôte - souche de Rhizobium (Guèye et Bordeleau, 1988).
- l'activité réductrice d'acétylène (ARA).
- le poids sec et la teneur en azote des parties aériennes de chaque plante.

Cette préévaluation permettra de sélectionner les meilleures associations souches de Rhizobium x variétés de haricot (trois au maximum) qui seront utilisées pour les études ultérieures.

3.1.3. Caractérisation des souches de Rhizobium

Les souches de Rhizobium les plus performantes devront être cataloguées. Une caractérisation systématique de ces souches est alors nécessaire. Cette caractérisation se fera en déterminant :

- la croissance des Rhizobium en fonction du pH, de la température et de la salinité (concentration en NaCl).
- l'aptitude des Rhizobium à assimiler différents métabolites (caractérisation effectuée au moyen des galeries Api).
- la résistance des Rhizobium aux antibiotiques et au actinomycetes.

3.1.4. Equipement et matériel requis

- 1 Chromatographe à phase gazeuse pour les mesures ARA
- 1 Appareil photographique pour fixer en image les différentes observations au laboratoire et sur le terrain.
- Entretien d'un véhicule, Land rover, genre Station Wagon 110 (voir budget).
- 2500 litres carburant super pour le véhicule (20.000 km/an à raison de 12 à 15 litres aux 100 km).

- 5000 boîtes de pétri stériles à usage unique.
- 500 tubes de culture pour les souches de Rhizobium
- 500 tubes de lyophilisation pour la conservation des Rhizobium.
- 500 galeries Api pour la caractérisation biochimique des Rhizobium.
- 1 logiciel informatique Api pour l'identification des Rhizobium par ordinateur.
- Produits chimiques (voir Annexe 1)
- 1000 sacs en papier pour: le séchage et la pesée des parties aériennes.
- Gaz (voir Annexe 2).
- 300 pots en terre cuite ($\emptyset = 18$ cm)
- 200 flacons à sérum pour l'incubation des systèmes racinaires pendant les mesures ARA.
- 500 seringues et 500 aiguilles pour les prélèvements gazeux.
- Fournitures de bureau.
- Frais de déplacement.
- Main d'oeuvre temporaire pour les travaux en serre (45 jour de travail).

3.1.5. Planning de travail

Tout le travail se rapportant à la collection et à l'évaluation des souches de Rhizobium phaseoli sera effectué durant l'année 1991 et réparti comme suit :

- Janvier - Février 1991 : prélèvement de sols dans plusieurs localités du Sénégal
- Mars - Juillet 1991 : Isolement, caractérisation et conservation des souches de Rhizobium.
- Août - Novembre 1991 : Préévaluation des souches de Rhizobium.
- Décembre 1991 : Premier rapport annuel.

3.2. Estimation quantitative de la Fixation Biologique de l'Azote (FBA)

L'intérêt majeur des légumineuses est leur capacité à fixer l'azote atmosphérique et de contribuer de façon considérable à l'économie de l'azote dans les différents systèmes de culture.

La quantité d'azote fixé par le haricot, estimée par la méthode de réduction de l'acétylène, est de l'ordre de 10 kg N/ha. (La Rue et Patterson, 1981), ce qui est extrêmement faible, comparé à la capacité fixatrice d'autres légumineuses-tel que le niébé (Vigna unguiculata).

Cependant, la quantité d'azote fixé par les légumineuses varie largement selon le génotype de la plante-hôte, le génotype et l'efficacité du Rhizobium infectant, les conditions de climat et de sol et la méthodologie utilisée pour mesurer la fixation biologique de l'azote.

C'est pourquoi il est nécessaire, dans le cadre de cette étude, de quantifier exactement dans la région des Niayes, l'azote fixé par les différentes associations souches de Rhizobium x variétés de haricot sélectionnées au paragraphe 3.1.2. L'association symbiotique la plus fixatrice d'azote pourra alors être utilisée dans les essais d'inoculation.

3.2.1. Estimation de la FBA en serre

Pour chacune des trois associations symbiotiques sélectionnées en 3.1.2., la FBA sera évaluée sur des plantes de haricot obtenues après prégermination et cultivées jusqu'au stade de floraison dans des pots ($\emptyset = 18$ cm) contenant du sol prélevé dans la région des Niayes et préalablement stérilisé. Tous les pots seront installés dans une serre grillagée.

La Fixation Biologique de l'Azote sera mesurée par la technique la plus précise : celle de la dilution isotopique faisant appel à ^{15}N (Fried et Broeshart, 1975).

Après 45 jours de croissance des plantes, l'azote marqué sera dosé au laboratoire d'analyses de ^{15}N du CNRA de Bambeï équipé par l'Agence Internationale d'Energie Atomique (AIEA) de Vienne et porteront sur les parties aériennes des plantes.

3.2.2. Estimation quantitative de la FBA au champ

La FBA sera évaluée au champ par la technique de dilution isotopique dans trois (3) localités de la région des Niayes : la station expérimentale ISRA de Sangalcam, le village de Thieudem où l'ISRA intervient dans le projet Transpaille (Fourniture de compost pour la culture du haricot) et un village où il n'y a aucune intervention des services de la recherche ou du développement (village témoin). Le soja (qui ne nodule pas dans la région des Niayes) et le mil seront utilisés comme plantes de référence. L'inoculum de Rhizobium sera sous forme liquide. L'azote des parties aériennes, des racines et des gousses sera dosé à la récolte.

3.2.3. Matériel et équipement requis

- Sulfate d'ammonium marqué (^{15}N) à 21,4%
- Entretien du véhicule
- 2500 litres carburant super
- Main d'oeuvre temporaire pour les expériences en serre et au champ (65 jours de travail)
- Frais de déplacement
- Fournitures de bureau.

3.2.4. Planning de travail

Janvier - Juin 1992: Conduite des expériences en serre et au champ
Juillet - Novembre : Dosage de l'azote : estimation de la FBA
Décembre 1992 : Deuxième rapport annuel.

3.3. Essais d'inoculation

L'inoculation des légumineuses avec les souches de Rhizobium est une pratique très peu courante, voire inexistante au Sénégal, bien que ses effets bénéfiques ont été mis en évidence chez le soja (Larcher et al., 1984) et chez le voanzou (Guèye, 1990).

L'objectif de ces essais est de faire des démonstrations visant à **encourager** les paysans de la région des Niayes à utiliser les inoculums de Rhizobium pour augmenter la production du haricot dans les exploitations agricoles.

Ces essais seront conduits dans quatre (4) localités identifiées comme les plus grandes zones de production de haricot. Les traitements seront les suivants :

- 1/- Haricot non inoculé avec une souche de Rhizobium et n'ayant reçu aucun apport azoté et **aucun** apport organique (Témoin).
- 2/- Haricot non inoculé avec une souche de Rhizobium et ayant reçu de l'engrais minéral **azoté** à la dose recommandée.
- 3/- Haricot non inoculé avec une souche de Rhizobium et ayant reçu de la fumure organique à la dose recommandée.
- 4/- Haricot inoculé avec une souche de Rhizobium et n'ayant reçu aucun apport azoté et aucun apport organique.

Dans ces essais, l'association souche de Rhizobium x variété de haricot la plus fixatrice d'azote, sélectionnée au paragraphe 3.2. sera utilisée.

3.3.1. Matériels et équipement requis

- Tourbe (pm)
- 50 kg de chaux vive
- Entretien du véhicule
- Main d'oeuvre temporaire dans les quatre localités (20 jours de travail par localité)
- Frais de déplacement.

3.3.2. Planning de travail

Janvier - Juin 1993 : Mise en place et suivi des essais d'inoculation
Juillet - Septembre 1993: - Exploitation des résultats
- Troisième rapport annuel.

3.4. Production d'inoculum

3.4.1. Production d'inoculum de Rhizobium

L'inoculum de Rhizobium sera produit au CNRA de Bambey, au laboratoire du MIRCEN en utilisant la souche de Rhizobium ayant servi aux essais de démonstration (voir paragraphe 3). Ce laboratoire est équipé en fermenteurs. Deux types de support seront utilisés :

- la tourbe : ce support a toujours été utilisé pour la production d'inoculum au CNRA de Bambey pour la culture du Soja. Il y a de grands gisements de tourbe au **Sénégal** ;
- la coque d'arachide brûlée : elle est produite par la Société Nationale de Commercialisation des Oléagineux au Sénégal (SONACOS) et est utilisée par les paysans de la région des Niayes comme fumure organique. Il s'agit dans le cadre de ce projet, d'étudier la possibilité d'utiliser la coque d'arachide brûlée comme support d'inoculum. Ceci aura l'avantage de ne pas bouleverser les habitudes des paysans pour son utilisation, comparativement à la tourbe qui peut paraître comme un intrant supplémentaire.

3.4.2. Controle de la qualité et manufacture de l'inoculum produit

La qualité de l'inoculum produit pour la culture du haricot sera contrôlée au laboratoire MIRCEN de Bambey dans des vases de végétation contenant du sable stérile. Il s'agira de :

- Vérifier que l'inoculum renferme en quantité suffisante des Rhizobiums viables et infectifs sur la variété de haricot pour laquelle il a été produit.
- Déterminer la dose d'inoculum à appliquer au haricot pour obtenir des rendements satisfaisants sans recourir aux engrais azotés.

Après le contrôle de la qualité, l'inoculum sera certifié par l'ISRA (laboratoire MIRCEN). Chaque sachet d'inoculum portera les indications suivantes : le poids de l'inoculum, la variété de haricot pour laquelle l'inoculum est destiné, la dose d'application, la date de fabrication et la date limite d'utilisation. Chaque sachet d'inoculum portera également la mention : "PRODUIT ET CERTIFIÉ PAR L'ISRA".

3.4.3. Distribution de l'inoculum

L'ISRA (laboratoire MIRCEN de Bambey) distribuera en exclusivité tout l'inoculum produit. Après une étude socio-économique préalable, il sera décidé de vendre l'inoculum ou de le céder gratuitement aux paysans, dans les quatre localités où ont eu lieu les essais d'inoculation.

3.4.4. Stage de formation

Après la distribution de l'inoculum, un stage d'initiation sera organisé à l'attention des paysans des quatre localités précitées et/ou des agents de la vulgarisation des résultats de la recherche.

Ce stage sera entièrement consacré à l'utilisation des inoculums de Rhizobium à la culture du haricot.

3.4.5. Matériel et équipement requis

- 2500 litres super
- Tourbe (pm)
- 450 kg (9 sacs de 50 kg) de chaux pour réajuster le pH de la tourbe
- 1000 sachets en plastique stériles
- Main d'oeuvre temporaire pour préparer la toube : prélèvement, séchage, broyage, ajustement du pH et répartition dans les sachets (20 jours de travail).

3.4.6. Planning de travail

- Octobre 1993 - Août 1994 : Production, contrôle de la qualité et manufacture de l'inoculum.
- Septembre - Octobre 1994 : Distribution de l'inoculum.
- Novembre 1994 : Stage de formation sur l'utilisation des inoculums.
- Décembre 1994 : - Evaluation de l'utilisation de l'inoculum par les paysans
- Quatrième rapport annuel.

4. CONCLUSION

Le rapport final du **projet** sera rédigé au premier trimestre 1995 et présenté en Avril 1995.

L'objectif final du projet étant de familiariser les paysans de la région des Niayes à la technique de la Fixation Biologique de l'Azote, puis de les encourager à utiliser les inoculums de Rhizobium pour **accroître** les rendements du haricot, une évaluation du projet sera effectuée en Juin 1995.

A l'issue d'une évaluation positive, on pourrait envisager l'installation de petites unités de production d'inoculum dans des villages cibles.

5. RESSOURCES

5.1. Infrastructures

Le projet présenté ci-dessus sera entièrement réalisé par l'Institut Sénégalais de Recherches Agricoles (ISRA) qui mettra à sa disposition le laboratoire du Centre de Ressources Microbiologiques (MIRCEN) domicilié au Centre National de Recherches Agronomiques (CNRA) de Bambey.

Ce laboratoire est actuellement bien équipé pour les travaux de microbiologie.: hotte à flux laminaire; autoclaves, microscope, pH mètre, appareil kjeldahl pour la détermination de l'azote, lyophilisateur, frigidaire, congélateur, étuves pour cultures bactériennes, chambre de culture pour les plantes et serre. Cependant le chromatographe à phase gazeuse pour la mesure de l'activité nitrégénasique est actuellement défectueux et doit être remplacé.

D'autre part, l'ISRA mettra également à la disposition l'infrastructure de la station expérimentale de Sangalkam située dans la région des Niayes pour toutes les expériences en station : terrain et équipement nécessaire à la préparation des sols.

5.2. Logistique

Le personnel chargé de l'exécution du projet (cf: infra) dispose d'un véhicule tout terrain parfaitement adapté à la région des Niayes : il s'agit d'un véhicule type Land Rover Station Wagon 110 mise en circulation pour la première fois le 1er Mai 1987. Ce véhicule fonctionne avec du carburant super comme source d'énergie et consomme en moyenne 15 litres aux 100 kilomètres.

5.3. Personnel

L'ISRA affectera au projet le personnel du laboratoire MIRCEN dont il a la charge :

- Chercheur Principal : Mamadou GUEYE, Docteur 3e cycle en microbiologie des sols, coordonnateur du programme MIRCEN.
- Techniciens de laboratoire : Alioune GNINGUE
Cheikh SAMB
Omar TOURE

6. BIBLIOGRAPHIE

- BEUNARD, P. et MICHELON, R. 1986 Effet de l'inoculation du haricot par deux souches de Rhizobium phaseoli. L'Agron. Trop. 41 (2), 128-131.
- DART, P.J. and EAGLESHAM, A.R.M. 1974 Field inoculation of navy bean Phaseolus vulgaris. Rothamsted Exp. St. Rep. 1, 246-253.
- DUQUE, F. F., NEVES, M.C.P., FRANCO, A.A., VICTORIA, R.L. and BODDEY, R.M. 1985 Plant and nodule development and **nitrogen** fixation in climbing **culti-**vars of Phaseolus vulgaris L. grown in monoculture or associated with Zea mays L. J. Agr. Sci. Camb. 90, 19-29.
- FRIED, M. and BROESHART, H. 1975 An independant measurement of the amount of **nitrogen** fixed by a legume **crop**. Plant and Soil. 43, 707-711.
- GRAHAM, P.H. 1981 Some problems of nodulation and symbiotic **nitrogen** fixation in Phaseolus vulgaris L. : a review. Field Crops Res. 4, 93-112.
- GUEYE, M. 1990 Effet de l'inoculation avec des souches de Rhizobium et de la fertilisation azotée sur le rendement en grains du voandzou (Vigna subterranea (L.) Thouars) au Sénégal. Actes de la 3ème Conférence AABNF (Sous presse).
- GUEYE, M. and BORDELEAU, L.M. 1988 **Nitrogen** fixation in bambara groundnut, Voandzeia subterranea (L.) Thouars. Mircen Journal. 4, 365-375.
- HEWITT, E.J. 1966 Sand and water culture methods used in the study of plant nutrition. Technical communication N°. 22, 2nd ed. Commonwealth Agricultural Bureaux, London.
- INSTITUT SENEGALAIS DE RECHERCHES AGRICOLES (ISRA). 1986 Les cultures maraichères au Sénégal. Bilan des activités de 1972-1985 du Centre pour le Développement de l'Horticulture. p. 96-106.
- LA RUE, A.T. and PATTERSON, T.G. 1981 How **much nitrogen** do legumes fix ? Advances in agronomy. 34, 15-38.
- LARCHER, J., WEY, J. et GANRY, F. 1984 Recherches sur le soja 1978 - 1983. Rapport, CNRA Bambey, 86p.
- SALEZ, P. and SAINT MACARY, H. 1986 Inoculation of **common bean** (Phaseolus vulgaris) by Rhizobium phaseoli in Cameroon. Cairo, Egypt. Paper presented at the second conference of the AABNF. 15-19 December.
- VINCENT, J.M. 1970 A manual for the practical study of the root-nodule bacteria. I.B.P. Handbook n° 15, Blakwell Scientific Publications (Oxford-Edinburgh), p. 87.

7. BUDGET DU PROJET A LA CHARGE DU CRDI (F CFA)

	Année 1 (1991)	Année 2 (1992)	Année 3 (1993)	Année 4 (1994)	Total
<u>A/ Consultants</u>					
1. <u>Local</u> . DREYFUS, B. (ORSTOM-Dakar). Non pris en charge par le projet		-	-		-
2. <u>International</u> Pris en charge par le projet : voir C2					
. BORDELEAU, L.M. (Canada Agriculture, station de Recherches de Sainte Foy)		-	-		-
. GRAHAM, P.H. (Université Saint Paul Minnesota, U.S.A)					
<u>B/ Main d'oeuvre Temporaire</u> Pour tous les travaux en serre et au champ.	1.000.000	1.000.000	1.000.000	1.000.000	4.000.000
<u>Total de B</u>	1.000.000	1.000.000	1.000.000	1.000.000	4.000.000
<u>C/ Déplacements</u>					
1. <u>Local</u> : déplacements à travers le Sénégal par le personnel affecté au projet et pour le consultant local Déplacements estimés à 3 jours/mois avec un taux de:					
20.000 F/jour/chercheur	720.000	720.000	720.000	720.000	2.880.000
4.000 F/jour/technicien	144.000	144.000	144.000	144.000	576.000

2. International

• Par les consultants internationaux : évaluation du projet au début, en milieu et à la fin de l'exécution

déplacements à 10 jours/an avec un taux de 45.000 F/jours et 600.000 F pour frais de voyage

• Par le chercheur principal pour participer aux conférences sur la Fixation Biologique de l'azote tous les deux (ans)

Déplacements estimés à 10 jours/an avec un taux de 45.000 F/an et 600.000 F pour frais de voyage.

Total de C

D/ Formation et Do-cumentation (information)

- Stage de formation sur l'inoculation du haricot avec des souches de Rhizobium (Stage organisé à l'attention des producteurs)

- Souscription aux journaux scientifiques

• Current content

• Plant and soil

• Biology and fertility in soils

Total de D

	1973	1974	1975	1976	TOTAL
		1.050.000		1.050.000	2.100.000
		1.050.000		1.050.000	2.100.000
<u>Total de C</u>	864.000	2.964.000	864.000	2.964.000	7.656.000
D/ <u>Formation et Do-cumentation (information)</u>				1.500.000	1.500.000
- Stage de formation sur l'inoculation du haricot avec des souches de Rhizobium (Stage organisé à l'attention des producteurs)				1.500.000	1.500.000
- Souscription aux journaux scientifiques					
• Current content	150.000	150.000	150.000	150.000	600.000
• Plant and soil	400.000	400.000	400.000	400.000	1.600.000
• Biology and fertility in soils	400.000	400.000	400.000	400.000	1.600.000
<u>Total de D</u>	950.000	950.000	950.000	2.450.000	5.300.000

	Année 1 (1991)	Année 2 (1992)	Année 3 (1993)	Année 4 (1994)	TOTAL
<u>E/ Matériel et Services</u>					
1. <u>Equipement</u>					
<u>Achats internationaux</u>					
Chromatographe à phase gazeuse	4.000.000				4.000.000
<u>Achats locaux</u>					
Appareil photographique complet	800.000				800.000
2. <u>Matériels consommables</u>					
<u>Achats internationaux</u>					
. Bouilleur pour appareil à eau distillée	150.000				150.000
. Tubes de culture	50.000		25.000		75.000
. Tubes à essais	25.000		25.000		50.000
. Erlen meyer et Bechers	100.000		50.000		150.000
. Ballons à fond plat	40.000		20.000		60.000
Epruvettes	40.000		20.000		60.000
Fioles à jauger	40.000		20.000		60.000
Boîtes de pétri	400.000				400.000
. Paraf ilm	35.000				35.000
. Galerie Api et Logiciel informatique Api	100.000				100.000
. Pipettes	100.000		130.000		200.000
Oeses en platine et supports	50.000		50.000		100.000
Produits chimiques (voir annexe 1)	2.200.000				2.200.000
. Flacons Serum	100.000				100.000
. Seringues et aiguilles	30.000				30.000
<u>Achats locaux</u>					
. Pots en terre cuite	200.000				200.000
. Chaux			20.000	180.000	200.000
Gaz (voir annexe 2)	91.600	91.600	91.600	91.600	366.400
Carburant	875.000	875.000	875.000	875.000	3.500.000
. Entretien véhicule	1.500.000	1.500.000	1.500.000	1.500.000	6.000.000
. Matériel informatique	250.000		250.000		500.000
Fournitures de bureau(y compris pellicules photo)	300.000		300.000		600.000
<u>Total de E</u>	11.476.600	2.466.600	3.346.600	2.646.600	19.936.400

	Année 1 (1993)	Année 2 (1993)	Année 3 (1993)	Année 4 (1994)	Total
7. Divers (5% de B + C + D + E)					
Total B, D, E	14.290.600	7.380.60	6.160.600	9.060.600	36.892.400
5%	714.530	369.030	308.030	430.030	1.844.620
<u>Total F</u>	714.530	369.030	308.030	430.030	1.844.620
G/ Charges administratives (10% B + C + D + E + F)					
Total B, C, D, E, F	15.005.130	7.749.630	6.468.630	9.513.630	38.737.020
10%	1.500.513	774.963	646.863	951.363	3.873.702
<u>Total G</u>	1.500.513	774.963	646.863	951.363	3.873.702
<u>Coût total du projet (A + B + C + D + E + F + G)</u>	16.505.643	8.524.593	7.115.493	10.464.993	42.610.722

3. CONTRIBUTION DE L'ISRA

8.1. Personnel

L'ISRA accepte de **mettre** le personnel suivant à a disposition du **projet** pour les travaux de recherche prévus dans le cadre du programme qui y est **dé-**
crit :

- Mamadou GUEYE, **microbiologiste**, coordonnateur du programme MIRCEN
- Alioune GNINGUE, **technicien** de laboratoire
- Cheikh SAMB, **technicien** de laboratoire
- Omar TOURE, **technicien** de laboratoire.

8.2. Charges sociales

L'ISRA fournira toutes **les** charges sociales pour **le** personne ci-dessus désigné.

8.3. Infrastructures

L'ISRA fournira un **laboratoire** (le laboratoire de microbiologie du MIRCEN au CNRA de Bambey), une **serre**, des terrains d'essai (station expérimentale de Sangalcam) et des bureaux.

8.4. Matériel et services

L'ISRA mettra **un** **véhicule** (Land Rover, station Wagon 110) à la disposition du projet, ainsi que tracteurs, charrues, herses, etc... pour les travaux de terrain.

L'ISRA mettra également à La disposition du projet, du matériel de **labo-**
ratoire, notamment : hotte à flux **laminaire**, pH mètre, autoclave, lyophilisateur, congélateur, frigidaire, agitateur, **microscope**, loupe, étuve pour culture **bacté-**
rienne, étuve à sécher les **échantillons**, appareil kjddahl pour le dosage de l'azote.

Annexe 1 : Produits chimiques nécessaires pour l'exécution du projet

<u>Description</u>	<u>Quantité</u>	<u>Prix Unitaire (CFA)</u>	<u>Prix total (CFA)</u>
Mono hydrogène phosphate de potassium : K_2HPO_4	500g x 5	18.000	90.000
Dihydrogène phosphate de potassium : KH_2PO_4	500g x 2	11.000	22.000
Sulfate de magnésium, 7 hydraté : $Mg SO_4, 7H_2O$	500g x 5	13.000	65.000
Sulfate de manganèse, hydraté : $Mn SO_4, H_2O$	500g x 1	21.000	21.000
Sulfate d'ammonium : $(NH_4)_2SO_4$	500g x 5	7.000	35.000
Sulfate de zinc, 7 hydraté : $Zn SO_4, 7H_2O$	500g x 1	10.000	10.000
Sulfate de cuivre, 5 hydraté : $Cu SO_4, 5H_2O$	500g x 1	13.000	13.000
sulfate de potassium : K_2SO_4	2,5kg x 1	12.000	12.000
Molybdate de sodium : Na_2MoO_4	2,5kg x 1	13.000	13.000
Molybdate de sodium, di-hydraté : $Na_2MoO_4, 2H_2O$	2,5kg x 1	13.000	13.000
Chlorure de potassium : KCl	500g x 5	30.000	150.000
Chlorure de sodium : $NaCl$	500g x 5	5.200	26.000
Chlorure de fer : $FeCl_3$	500g x 3	10.000	30.000
Chlorure de calcium : $CaCl_2$	500g x 3	15.000	45.000
Chlorure de mercure : $MgCl_2$	500g x 3	65.000	195.000
Chlorure de calcium, di-hydraté : $CaCl_2, 2H_2O$	500g x 3	10.000	30.000
Acide Ethylène Diamine Tetra Acétique (Fe-EDTA)	100g x 1	17.000	17.000
Acide chlorhydrique : HCl	500ml x 5	50.000	250.000
Acide sulfurique : H_2SO_4	500ml x 5	12.000	60.000
Acide nitrique : HNO_3	500ml x 5	60.000	300.000
Acide borique : H_3BO_3	500g x 1	4.000	4.000
Nitrate de sodium : $Na NO_3$	500g x 1	15.000	15.000
Hydroxyde de sodium : $NaOH$	500g x 5	10.000	50.000
Phosphate de calcium : $Ca HPO_4$	500g x 1	25.000	25.000
Solution Tampon, pH = 4	1000ml x 2	5.000	10.000
Solution Tampon, pH = 7	1000ml x 2	5.000	10.000
Mannitol	500g x 10	18.000	180.000
Extrait de levure Difco	500g x 5	16.000	80.000

<u>Description</u>	<u>Quantité</u>	<u>Prix Unitaire(CFA)</u>	<u>Prix total (CFA)</u>
Agar, Difco	5 g x 10	15.000	150.000
Rouge congo	500g x 1	26.000	26.000
* Vert de bromocresol	5g x 2	10.000	20.000
Bleu de bromothymol	1g x 3	2.000	6.000
Sulfate d'ammonium marqué (¹⁵ N)	1kg x 2	100.000	200.000

Total

2.173.000

arrondi à 2.200.000.F CFA

Annexe 2 : Gaz nécessaire pour l'exécution du projet.

<u>Description</u>	<u>Utilisation</u>	<u>Qualité</u>	<u>Prix Unitaire</u>	<u>Prix total(CFA)</u>
Butane	Hotte à flux laminaire (Manipulations stérile)	16 x 12kg	2950 F/12kg	47.200
Acétylène	Mesure ARA	4 x 6 m ³	3 700 F/m ³	88.800
Azote	Chromatographie	4 x 9 m ³	2500 F/m ³	90. 000
Hydrogène	Chromatographie	4 x 9 m ³	2500 F/m ³	90. 000
Oxygène	Chromatographie	4 x 7 m ³	1800 F/m ³	50. 400
Total				366.400