



**UTILISATION DE *SESBANIA ROSTRATA*
COMME ENGRAIS VERT EN RIZICULTURE**

Laboratoire de Microbiologie des Sols
ORSTOM, BP. 1386 DAKAR, Sénégal

UTILISATION DE SESBANIA ROSTRATA
COMME ENGRAIS VERT EN RIZICULTURE

par

B. DREYFUS, G. RINAUDO et Y. DOMMERGUES

INTRODUCTION

Avec l'eau, l'azote constitue un des deux facteurs majeurs régissant la production agricole. Les exigences en azote des plantes cultivées sont considérables. C'est ainsi que pour produire 100 kg de grain, le riz "consomme" de 1,8 à 2 kg d'azote, quel que soit le type de sol ou la date de plantation (Patnaik et Rao, 1979). Une récolte de 4 T de riz/ha nécessite donc la fourniture par le sol à la plante de 80 kg d'azote. L'azote ainsi fourni à la plante cultivée a essentiellement trois origines; il peut provenir des réserves en azote du sol (azote de la matière organique minéralisé et azote minéral du sol), des engrais apportés par l'agriculteur ou enfin de la fixation biologique. Or les réserves en azote du sol sont loin d'être inépuisables, d'où la nécessité de faire appel aux engrais azotés. Cependant l'emploi des engrais est souvent limité par leur prix élevé (la fabrication des engrais azotés requiert beaucoup d'énergie) et par le fait que l'acquisition de ces engrais doit être réglée en devises fortes. La fixation biologique de l'azote constituant une alternative attrayante, on cherche depuis une dizaine d'années à domestiquer ce processus afin d'en faire bénéficier l'agriculture.

Une solution, déjà ancienne consiste à enfouir dans le sol les parties aériennes d'une plante fixatrice d'azote, les résidus végétaux jouant alors le rôle d'un engrais azoté organique, d'où le nom d'engrais vert donné à cette pratique.

Depuis longtemps, notamment en Extrême Orient, on fait appel à de nombreuses plantes fixatrices d'azote, qu'il s'agisse de légumineuses, Astragalus sinicus, Sesbania aculeata, S. paludosa, S. cannabina, Crotalaria juncea, C. striata, Vicia cracca, Medicago hispida, M. officinalis (Patnaik et Rao, 1979; Vachhani et Murty, 1964; Watanabe et App, 1979), ou de non légumineuses comme Coriaria sinica (Watanabe, 1980). Astragalus sinicus est probablement l'engrais vert le plus utilisé; en Chine, il est cultivé durant l'hiver et enfoui dans le sol 20 jours avant le repiquage du riz à raison de 20 à 30 tonnes poids frais /ha ce qui équivaut à environ 100 kg d'azote /ha (Watanabe, 1980). Un nouveau progrès a été accompli dans ce domaine, avec la découverte au Sénégal de Sesbania rostrata, légumineuse à nodules de tige, nodules dits caulinaires (Dreyfus et Dommergues, 1980, 1981). Cette légumineuse présente l'avantage sur les autres légumineuses actuellement connues de fixer l'azote plus activement en raison de sa double nodulation, racinaire et caulinaire.

Dans cette plaquette nous présenterons tout d'abord l'état de nos connaissances sur la biologie de ce dernier système fixateur d'azote, puis nous exposerons les résultats des essais d'utilisation de Sesbania rostrata comme engrais vert en riziculture irriguée; enfin nous proposerons un programme d'essais à effectuer en vue de mettre au point l'insertion de Sesbania rostrata dans des systèmes cultureaux tropicaux.

CHAPITRE 1. BIOLOGIE DE LA SYMBIOSE FIXATRICE D'AZOTE

SESBANIA ROSTRATA-RHIZOBIUM

1. Description de Sesbania rostrata (Fig. 1 et 2)

Sesbania rostrata (Brem.) a été décrite comme suit par J. Berhaut (1976) :

"Plante herbacée annuelle haute de 1 m à 2m,50 , ou davantage, à feuilles paripennées alternes. Rachis long de 10 à 15 cm, ou davantage, portant 15 à 20 paires de folioles opposées. Folioles oblongues, longues de 20 à 35 mm, larges de 5 à 8 mm; base arrondie, dissymétrique, sommet arrondi et mucroné. Sept à 10 nervures, translucides à l'état frais. Folioles glabres.

"Pétiole, épaissi à la base, long de 7 à 10 mm avant la première paire de folioles; pétiolules ayant 1 mm de long environ. Pétioles et rachis pubescents. Deux stipules linéaires caduques longues de 78 mm. Tige à peu près glabre, sauf dans le jeune âge où elle est pubescente et anguleuse.

"Inflorescence en racème axillaire long de 4 à 6 cm pouvant porter 10 à 12 fleurs. Corolle jaunâtre, longue de 2 cm; étendard large de 17 mm, glabre, mais finement pointillé de violet sur la partie dorsale. Calice long de 5 mm, à peu près glabre, ayant 5 dents filiformes. Pédicelles longs de 10 à 12 mm, pubescents, de même que l'axe du racème.

"Fruit: gousse linéaire, faiblement arquée, longue de 15 à 20 cm, large de 3 mm, le sommet en long bec acuminé de 3 cm. (Ce bec, en forme de rostre, a donné son nom à l'espèce). A l'intérieur, de 30 à 45 graines. Sutures un peu épaissies encadrant les



Sesbania
rostrata

Fig. 1. Fiche botanique décrivant Sesbania rostrata
par J. Berhaut (1976).



Fig. 2. Sesbania rostrata peut atteindre en 4 mois une hauteur de 3 à 4 m, comme on peut l'observer sur cette Fig. Mais, utilisée comme engrais vert, cette plante est enfouie à l'âge de 50 jours lorsqu'elle atteint une hauteur de l'ordre de 1,5m.

mamelons allongés que séparent de légers sillons délimitant les graines. Cette plante fréquente les lieux humides des rizières et des prairies marécageuses: elle pousse souvent dans l'eau".

La caractéristique majeure de Sesbania rostrata consiste dans la présence sur la tige de sites de nodulation, qui ont l'apparence de petites pointes disposées en lignes verticales jusqu'au haut de la tige. Lorsqu'ils sont infectés par le Rhizobium spécifique, ces sites sont le lieu d'apparition des nodules fixateurs d'azote. Ces derniers sont appelés nodules de tige ou nodules caulinaires.

2. Exigences climatiques et édaphiques de S. rostrata

S. rostrata est une plante sauvage qui n'a encore fait l'objet d'aucune sélection. Sa culture doit donc tenir compte de ses exigences sur le plan climatique et édaphique.

2.1. Exigences climatiques

A la latitude du Sénégal (15° N), et pendant la saison chaude (juin à septembre), S. rostrata se développe bien en sol hydromorphe; elle fleurit au 2 ou 3ème mois de son cycle végétatif; la nodulation des tiges est rapide (une semaine après l'inoculation) régulière et abondante.

Par contre à la même latitude et pendant la saison sèche et froide (décembre à février inclus), la croissance est très médiocre, la floraison anormalement précoce, la nodulation difficile. Ce comportement peut s'expliquer par la grande sensibilité de S. rostrata à la photopériode (jours < 11 h), à la température et à l'humidité de l'air, ce dernier facteur semblant jouer un rôle essentiel sur l'infection des tiges par Rhizobium.

2.2. Exigences édaphiques

S. rostrata ne pousse réellement bien que dans les sols submergés ou abondamment irrigués. Elle semble supporter une certaine salinité, mais le seuil n'en a pas encore été déterminé. En sol exondé et bien drainé S. rostrata présente une grande sensibilité aux nématodes (notamment Meloidogyne sp).

3. Sites de nodulation des tiges

Comme nous l'avons déjà indiqué plus haut, les sites de nodulation, qui ressemblent à l'oeil nu à de petites pointes, sont disposés régulièrement suivant trois ou quatre génératrices sur toute la longueur de la tige (Fig. 3). La formation de ces sites est indépendante de l'infection par les Rhizobium. Observé au photomicroscope près du méristème apical de la tige, un site de nodulation en formation se présente tout d'abord sous la forme d'un renflement de la tige (Fig. 4A). Un ou deux jours plus tard, le renflement s'accroît et se transforme en dôme épidermique percé en son centre par une ébauche racinaire mesurant entre 0,2 et 0,8 mm de long (Fig. 4B). Une cavité annulaire se forme entre la base de l'ébauche racinaire et le dôme épidermique (Fig. 5). L'ébauche racinaire demeure latente sur la tige, sans doute par des mécanismes de dormance hormonale, jusqu'à ce que sa base soit infectée par le Rhizobium spécifique et donne naissance au nodule fixateur d'azote.

Les sites de nodulation présentent deux caractéristiques remarquables: (1) ils sont préformés et l'on connaît donc à l'avance l'emplacement précis où les nodules vont apparaître; (2) ils sont continuellement formés lors de la croissance de la

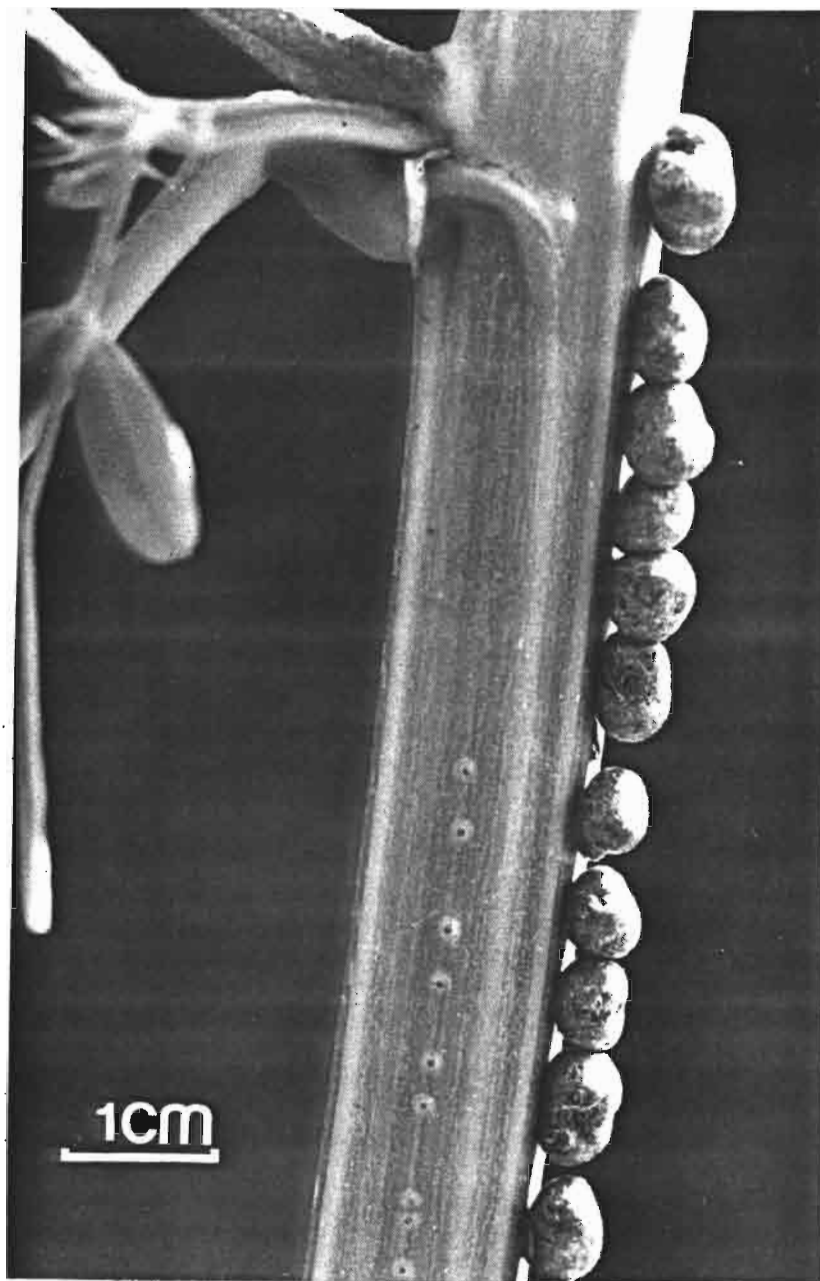


Fig. 3. Tige de Sesbania rostrata. Sur la face antérieure on observe une rangée de sites de nodulation non infectés ressemblant à de petites pointes. Sur le côté, on observe une rangée de nodules provenant de l'infection des sites de nodulation inoculés par la souche de Rhizobium de tige ORS571.

A



B

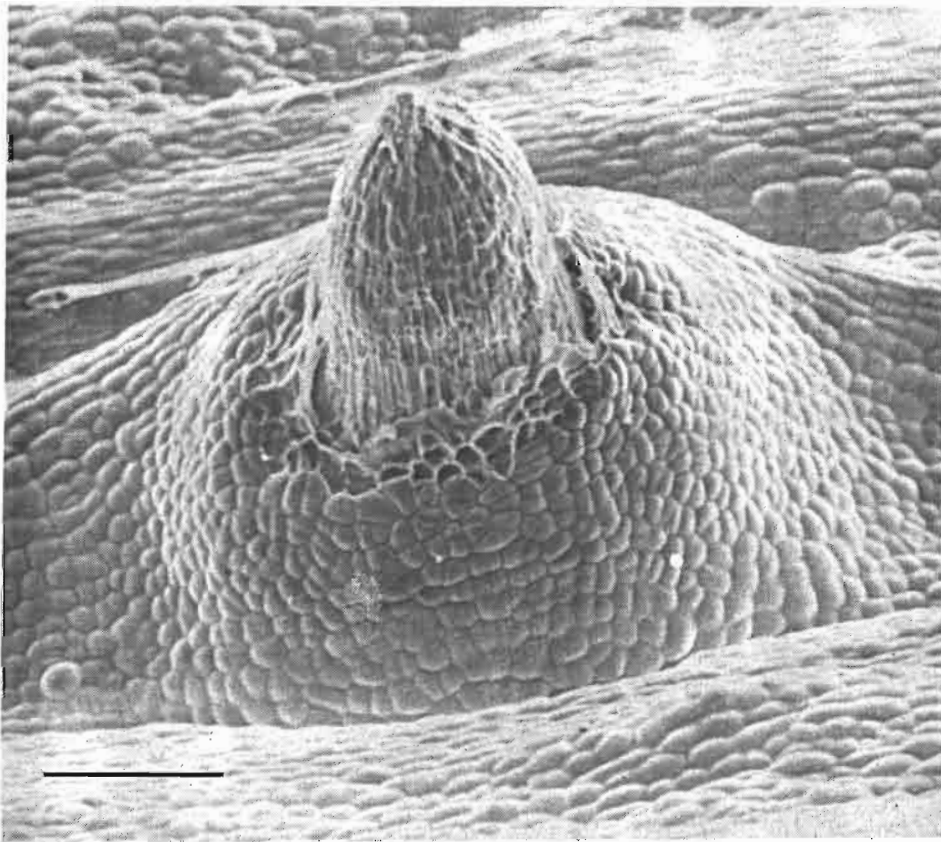


Fig. 4. A - Le site de nodulation en formation se présente sous la forme d'un renflement de la tige.
B - Le site de nodulation s'est développé en un dôme épidermique percé par une ébauche racinaire.

Dans les deux cas, la barre représente 25 μ m
(Duhoux et Dreyfus, 1982).

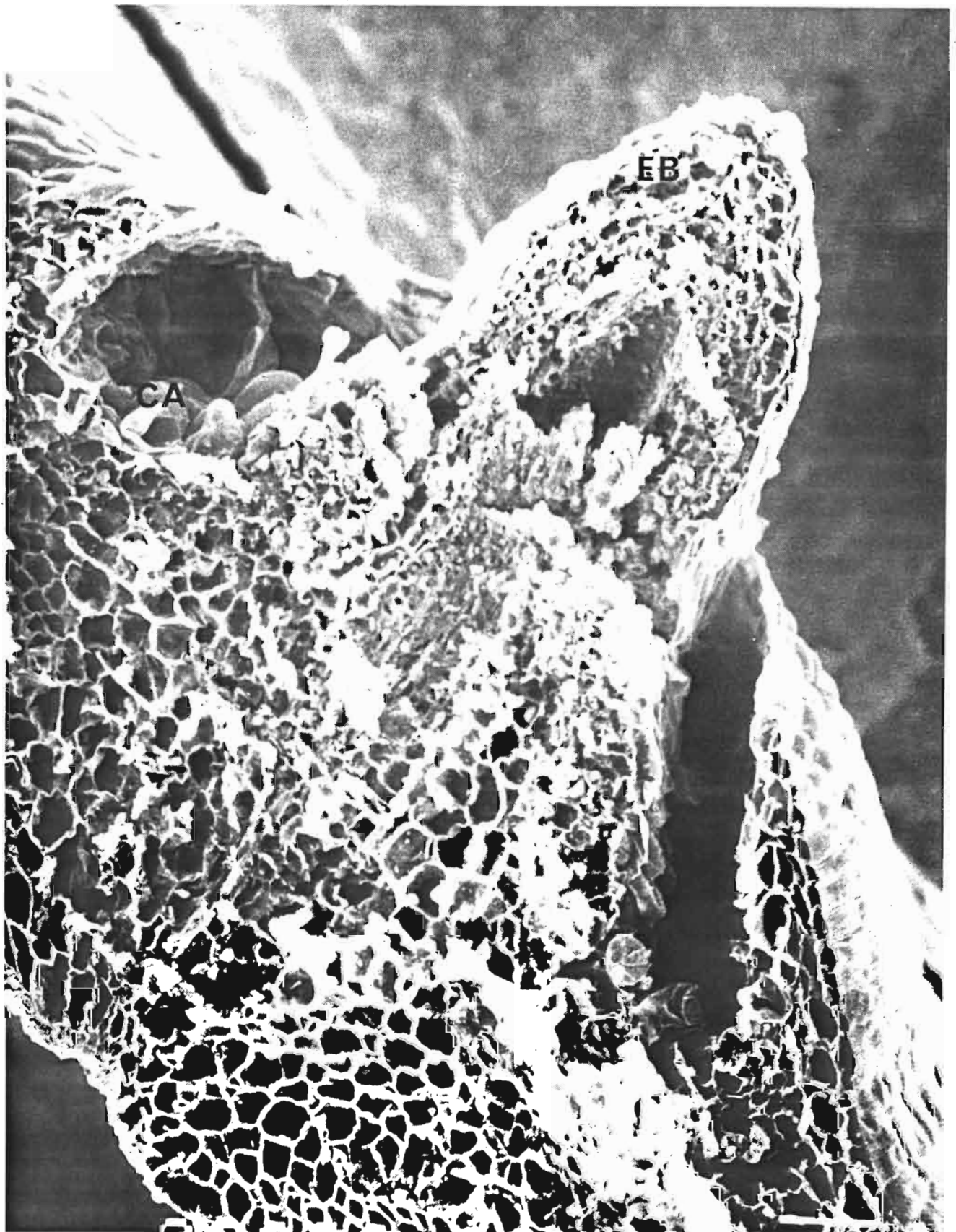


Fig. 5. Coupe longitudinale du site de nodulation non infecté montrant la cavité annulaire (CA) entre la base de l'ébauche racinaire (EB) et l'épiderme. La barre représente 50 μ m (Tsien et coll., 1983).

tige et restent sensibles à l'infection par les Rhizobium pendant toute la vie de la plante. La formation de nodules peut donc avoir lieu à n'importe quel moment du cycle végétatif, même sur les sites de nodulation apparus les premiers, ce qui représente sans doute un avantage écologique important pour S. rostrata.

4. Double nodulation de Sesbania rostrata

Sesbania rostrata peut porter des nodules à la fois sur les tiges et les racines.

4.1. Nodules racinaires

Semée dans son milieu naturel dans un sol non inondé, la jeune plante de Sesbania rostrata (15 jours à 1 mois) présente deux types de nodules racinaires. Au niveau du collet et sur la base de la racine principale se trouve une couronne de gros nodules allongés à méristème terminal et souvent divisés en deux ou trois lobes. Ces nodules mesurent de 0,2 à 1,5 cm de long. Des nodules racinaires appartenant à un deuxième type apparaissent en chapelet sur les racines latérales. Ce sont des nodules sphériques, petits (1 à 2 mm de diamètre) et nombreux. Lorsque la plante pousse en terrain inondé, les gros nodules du collet disparaissent rapidement et seuls subsistent les nodules portés par les racines latérales de surface. Ces racines peuvent flotter dans l'eau et portent de très nombreux nodules qui présentent alors un cortex vert. La masse de ces nodules (2 à 4 g) reste cependant faible par rapport à celle des nodules de tige (15 à 40 g).

4.2. Les nodules de tige (ou nodules caulinaires)

Dans la nature, on observe souvent une nodulation caulinaire spontanée sur toute la hauteur de la plante et même sur les branches latérales (Fig. 6). Cependant, la distribution des nodules est souvent irrégulière. La poussière semble jouer un



Fig. 6 Nodulation spontanée de la tige de Sesbania rostrata observée dans la nature. La barre représente 1 cm.

grand rôle dans la nodulation spontanée des tiges car les plantes qui poussent en bordure des pistes sont les plus nodulées. D'autres vecteurs pourraient intervenir: insectes, pluie etc... Les nodules se forment au niveau de sites de nodulation (cf infra). Tous ces sites ne sont pas spontanément infectés, aussi le nombre et le poids des nodules de tige peuvent-ils varier d'une plante à l'autre. Les nodules sont sphériques, parfois rendus irréguliers par un ou plusieurs lobes. Un cortex vert entoure la zone centrale rouge. Leur diamètre varie de 0,3 à 0,8 cm et leur poids peut atteindre plus de 40 g (poids frais) par plante adulte de 3 à 4 m de haut.

5. Génèse des nodules de tige

Les sites de nodulation ne sont jamais infectés par voie interne; en d'autres termes les Rhizobium ne parviennent au niveau de l'ébauche racinaire que par voie externe, c'est à dire en s'insérant dans la cavité annulaire entourant cette ébauche (Fig.5). La génèse du nodule comporte trois phases principales distinctes.

(1) Formation de poches d'infection intercellulaires et différenciation du méristème nodulaire. Après attachement des Rhizobium à la surface des cellules situées à la base de l'ébauche racinaire, dans la cavité annulaire, ceux-ci pénètrent dans l'espace intercellulaire où ils se multiplient en grand nombre, formant de véritables poches (Fig. 7). Au même moment, on observe, sous l'effet d'un mécanisme d'activation qui reste inconnu, une différenciation des cellules du cortex de l'ébauche racinaire. Ces cellules s'organisent alors en méristème (méristème nodulaire), avant d'être infectées par les Rhizobium.

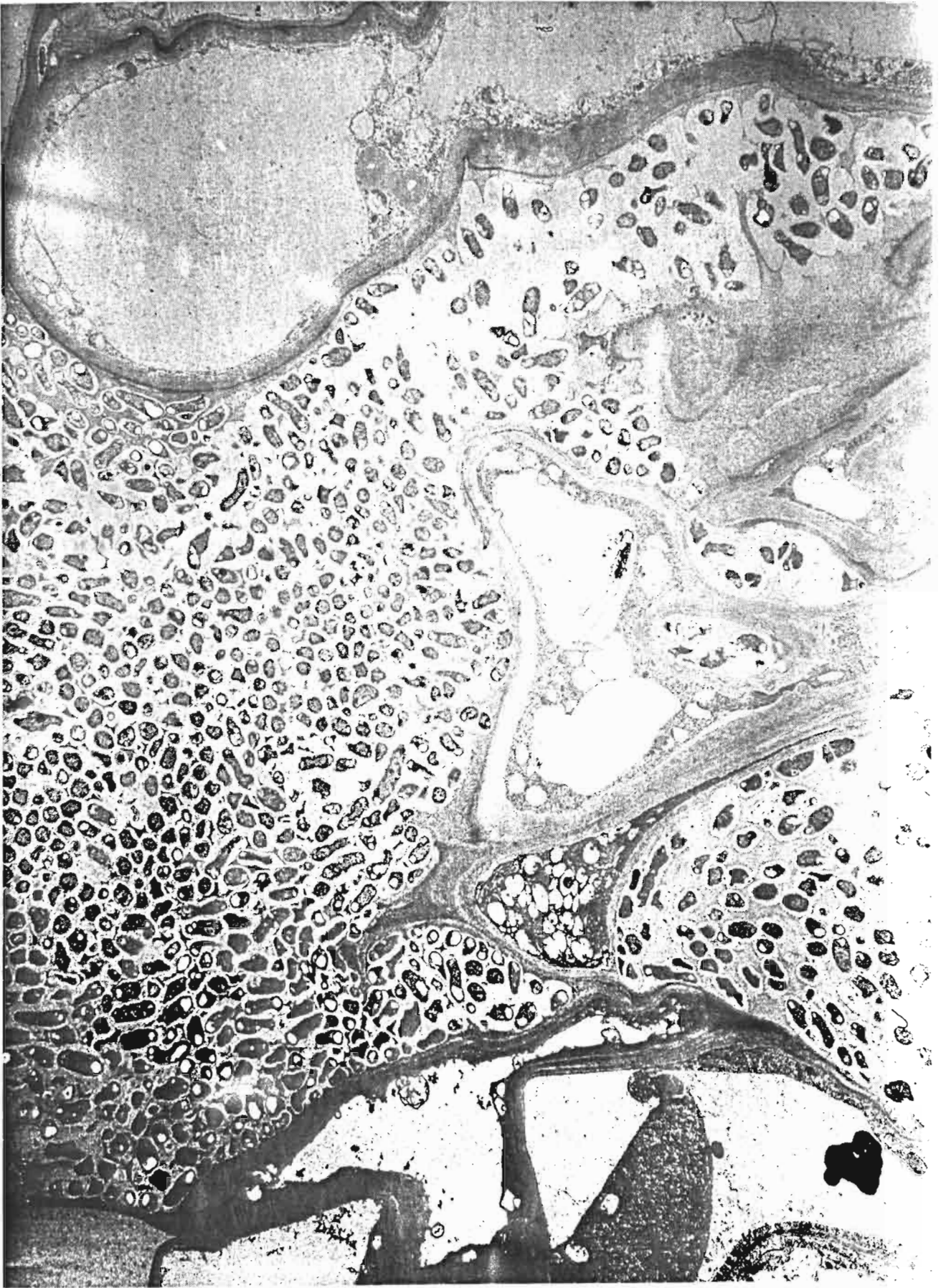


Fig. 7 Multiplication des Rhizobium dans l'espace intercellulaire, 3 jours après l'inoculation des sites d'infection. Grossissement X4500 (Tsien et coll., 1983).

(2) Formation des cordons d'infection. A partir des poches intercellulaires, des cordons d'infection se forment (Fig. 8). Ils se divisent en de nombreuses branches qui pénètrent à l'intérieur des cellules du méristème nodulaire.

(3) Infection intracellulaire. Cinq à 6 jours après l'initiation de l'infection, les Rhizobium sont libérés du cordon d'infection dans le cytoplasme des cellules (Fig. 9). Inclus dans la membrane-enveloppe (Fig. 10), ils acquièrent la propriété de fixer l'azote en symbiose. C'est lorsque les Rhizobium ont atteint ce stade (dit bactéroïde) que les nodules présentent la coloration rouge typique de la leghémoglobine et qu'ils commencent à fixer l'azote (Fig. 11).

Le mode d'infection de la tige de Sesbania rostrata est donc unique parmi les légumineuses, car on y trouve à la fois une invasion intercellulaire des Rhizobium, comme chez l'arachide, et la formation de cordons d'infection, comme chez les légumineuses tempérées. En outre, chez S. rostrata, la formation des cordons d'infection ne se fait pas par l'intermédiaire d'un poil absorbant mais à partir d'une multiplication intercellulaire des Rhizobium.

6. Les souches de Rhizobium de Sesbania rostrata

On a isolé deux types de souches, les "souches de tige" qui sont capables de noduler à la fois les tiges et les racines, et les "souches de racines" qui nodulent exclusivement les racines. Les souches de tige (dont le type est ORS 571) constituent sans doute une nouvelle espèce de Rhizobium distincte à la fois des Rhizobium à croissance rapide et des Rhizobium à croissance lente.

L'étude physiologique a montré que la souche de tige ORS 571 est capable de croître en culture libre aux dépens de

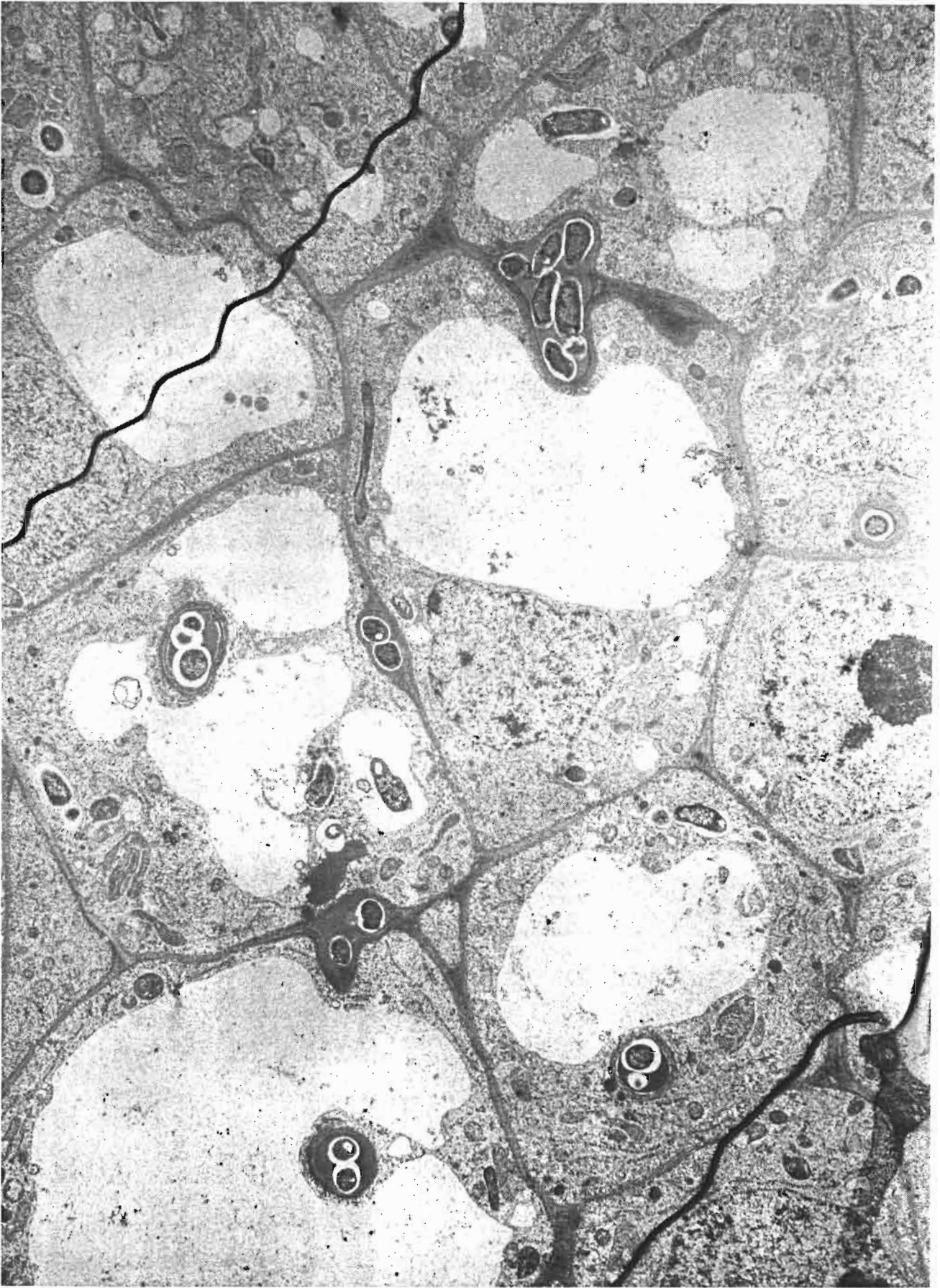


Fig. 8. Formation des cordons d'infection. Grossissement X6000 (Tsien et coll., 1923)

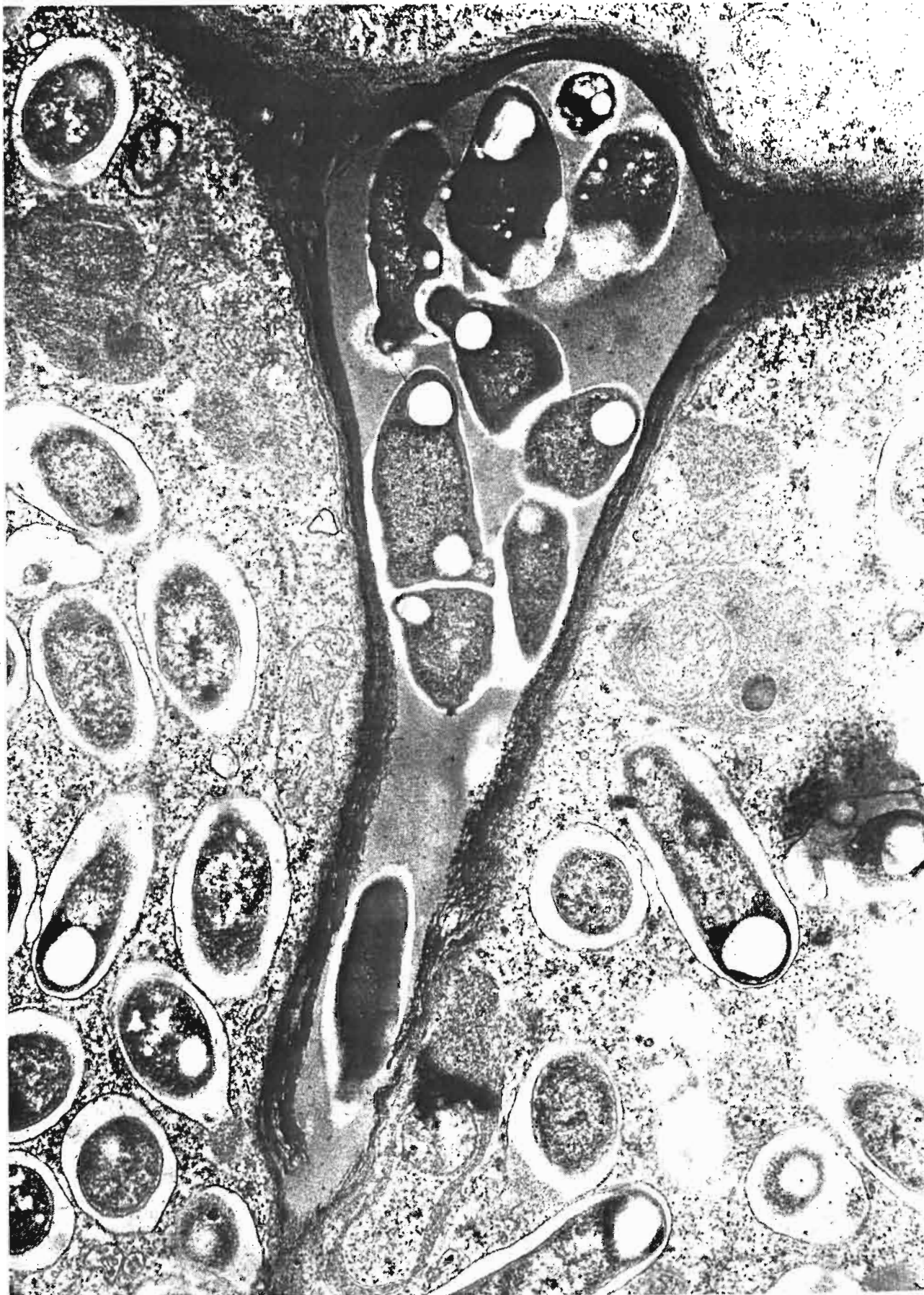


Fig. 9. Aussitôt après leur libération hors des cordons d'infection, les Rhizobium envahissent le cytoplasme des cellules. Chaque Rhizobium est entouré d'une membrane enveloppe. Grossissement X24000 (Tsien et coll., 1983)

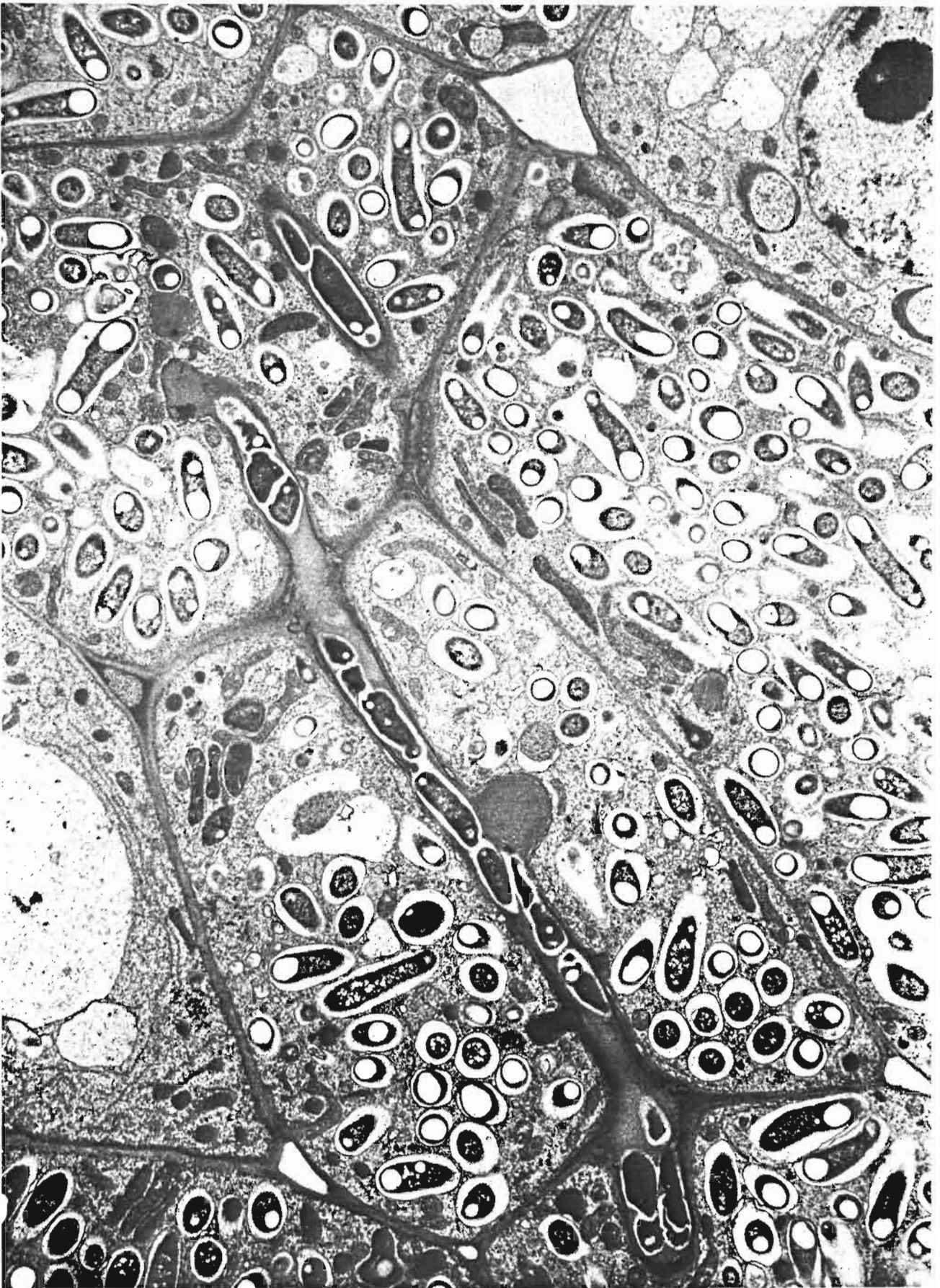


Fig. 10. Six jours après l'inoculation, le cytoplasme des cellules est envahi par les Rhizobium.
Grossissement X9000 (Tsien et coll., 1983).

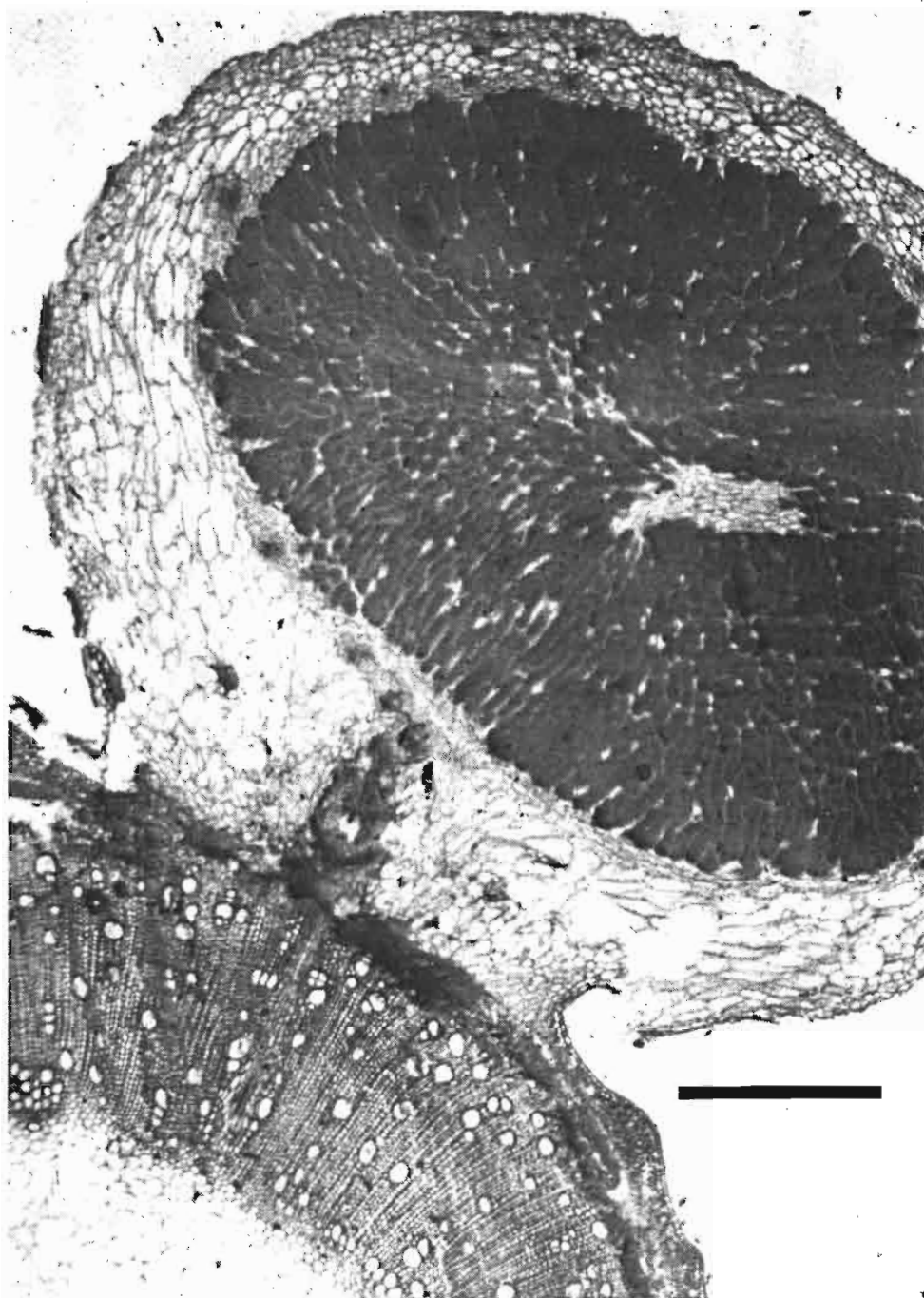


Fig. 11. Section d'un nodule mature. La barre représente 0,5 mm.

l'azote moléculaire comme seule source d'azote (Dreyfus et coll., 1983). Cette propriété, unique parmi tous les Rhizobium connus, a rendu possible l'obtention des mutants nif^- de la souche ORS 571 en utilisant les méthodes de la génétique classique. Des gènes de la souche sauvage intervenant dans la fixation d'azote du Rhizobium ont été clonés dans un plasmide. Après conjugaison et transmission de ce plasmide à un mutant nif^- , une complémentation génétique a été observée à la fois en culture libre et dans les nodules de la plante (Elmerich et coll. 1982).

Le milieu de culture liquide mis au point pour les Rhizobium de Sesbania rostrata a la composition suivante en g/l d'eau:

Na-lactate: 10 g; $(NH_4)_2SO_4$: 1 g; K_2HPO_4 : 1,67 g; KH_2PO_4 : 0.87 g; $MgSO_4$: 0.2 g; NaCl : 0.1 g; $FeCl_3$: 4 mg; extrait de levure: 1 g.

Le pH est ajusté à 6.8 et le milieu autoclavé à 120°C pendant 20 mn. Le même milieu avec agar (20 g/l) est utilisé pour les cultures en boîtes de Petri.

7. Inoculation

Ainsi que nous l'avons indiqué antérieurement (page 6), l'inoculation spontanée des tiges est toujours irrégulière. Il est donc, en général, indispensable de procéder à l'inoculation des tiges (Fig. 12). Quant à l'inoculation des racines elle est conseillée, sauf dans le cas où le sol renferme déjà des Rhizobium natifs capable de noduler Sesbania rostrata. Nous préconisons l'utilisation de la souche ORS 571 qui est à la fois très compétitive et très effective c'est à dire fortement fixatrice d'azote (Fig. 13).

7.1. Inoculation des graines

Les graines seront inoculées soit avec une culture liquide de Rhizobium ORS 571 soit avec une culture sur support tourbe ou



Fig. 12. Tiges de *S. rostrata* inoculées par pulvérisation avec la souche ORS 571. On remarquera la régularité dans la nodulation.



Fig. 13. Effet de l'inoculation des tiges (parcelle de droite) par la souche ORS571 sur la croissance de Sesbania rostrata.

autres supports (Vincent, 1970) soit avec une culture incluse dans un polymère (Jung et coll., 1982).

7.2. Inoculation des tiges de *Sesbania rostrata*

L'inoculation des graines induit la nodulation complète du système racinaire, mais seulement une nodulation partielle de la base de la tige. Il est donc nécessaire d'inoculer les parties aériennes pour obtenir une bonne nodulation des tiges. L'inoculation des tiges peut se faire suivant l'une ou l'autre des méthodes suivantes :

- (1) Pulvérisation d'une culture liquide de *Rhizobium* ORS 571 sur les parties aériennes. Lorsque les *Sesbania rostrata* ont atteint une taille comprise entre 50 et 80 cm environ, on pulvérise sur les parties aériennes une culture de la souche ORS 571 renfermant environ 10^8 bactéries/ml. Les pulvérisateurs utilisés sont du même type que ceux employés pour les traitements insecticides.
- (2) Pulvérisation d'une solution colloïdale de *Rhizobium* inclus dans un polymère type alginate. Cette méthode⁽¹⁾ consiste à mettre en solution colloïdale la poudre constituée par l'inoculum de *Rhizobium* inclus dans un polymère type alginate (Jung et coll., 1982) et à pulvériser cette solution sur les parties aériennes de *S. rostrata*. On peut ajouter à la solution colloïdale un insecticide, ce qui permet de réaliser simultanément deux opérations: inoculation et traitement de *S. rostrata* contre les insectes.

8. Fixation d'azote

La fixation d'azote par les nodules de tige de *Sesbania rostrata* présente deux propriétés remarquables.

La première réside dans le fait que la capacité de *S. rostrata* à fixer l'azote est considérable. Les mesures de fixation d'azote

(1) Brevet en cours de dépôt.

sur une plante adulte montrent que S. rostrata a une activité fixatrice d'azote d'environ 600 μmoles de C_2H_4 /h/plante, ce qui correspond à une activité très forte comparée à celle du soja (qui, d'après Sloger et coll. 1975) est comprise entre 14 et 120 μmoles C_2H_4 /h/plante). D'autre part, en utilisant à la fois la méthode de la différence et la méthode des bilans, nous avons pu estimer que la quantité d'azote fixé par S. rostrata correspond, au minimum, à l'apport de 200 kg d'azote/ha en 50 jours, ce qui en fait un des plus puissants systèmes fixateurs connus.

La seconde propriété de S. rostrata est son aptitude à noduler et fixer l'azote en présence de doses très élevées d'azote combiné (200 kg/ha) dans le sol. S. rostrata est ainsi le seul système fixateur connu parmi les plantes supérieures à ne pas être inhibé par l'azote minéral du sol. Cette plante peut donc simultanément assimiler l'azote du sol et l'azote moléculaire, ce qui représente un avantage considérable sur le plan agronomique.

CHAPITRE 2. PREMIERS RESULTATS CONCERNANT L'UTILISATION DE
SESBANIA ROSTRATA COMME ENGRAIS VERT EN RIZICULTURE
IRRIGUEE

1. Conditions expérimentales

Les graines de S. rostrata ont été semées en ligne en terrain humide. Quand les plantes ont atteint une hauteur de 30 cm, la rizière a été inondée. On a effectué l'inoculation des tiges avec le Rhizobium spécifique (ORS 571) par pulvérisation 20 et 30 jours après le semis. Lorsque les plantes ont atteint une hauteur de 1,5 m (6 à 7 semaines après le semis), on a asséché la rizière, on a arraché les plantes qui ont été ensuite coupées en morceaux de 10-20 cm et enfouies à une profondeur de 10-15 cm. Lors des premiers essais (essais en microparcelles de 1 m²), le riz a été repiqué 2 semaines après l'enfouissement de S. rostrata. Mais ultérieurement (essais en parcelles de 25 m²) on a pu constater que le repiquage du riz pouvait avoir lieu immédiatement après l'enfouissement de S. rostrata, ce qui permet de raccourcir sensiblement la durée totale de la séquence Sesbania-riz.

2. Effet de l'engrais vert S. rostrata sur les rendements en riz.

Les essais conduits en microparcelles de 1 m² à la Station ORSTOM de Bel-Air à Dakar au cours de l'hivernage 1980 ont montré que l'utilisation de S. rostrata comme engrais vert permettait de doubler les rendements en riz. Ces résultats ont été confirmés lors d'essais conduits par l'ISRA sur des parcelles de 25 m².

2.1. Essais en microparcelles de 1 m² à la Station ORSTOM de Bel-Air (Tableau 1).

2.1.1. Effet principal

Dans le cas des parcelles ayant reçu de l'engrais vert les rendements en matière sèche (grains et pailles) ont été plus que deux fois supérieurs à ceux des parcelles témoins (Rinaudo et coll. 1982). L'apport d'une fumure azotée minérale (60 unités N) a eu un effet moindre. On a constaté également que les teneurs en azote des grains et pailles des parcelles ayant reçu l'engrais vert étaient significativement plus élevées (de l'ordre de 50%) que celles des parcelles n'en ayant pas reçu.

Tableau 1. Influence de l'engrais vert S. rostrata sur le rendement et la teneur en azote total du riz.

Traitements	Poids sec (g/m ²)		Teneur en azote (%)	
	Grains	Pailles	Grains	Pailles
<u>S. rostrata</u>	584 a	767 a	1,74 a	0,96 a
(NH ₄) ₂ SO ₄ (60 kg N/ha)	381 b	484 b	1,27 b	0,49 b
Témoin	212 c	276 c	1,14 b	0,58 b

N.B. Les résultats suivis par la même lettre ne sont pas significativement différents (P = 0,05).

2.1.2. Arrière effet de l'engrais vert S. rostrata

Les parcelles de 1 m² ont été à nouveau semées en riz l'année suivante. Dans les parcelles ayant reçu l'engrais vert Sesbania rostrata l'année précédente, on a observé par rapport aux parcelles témoin une augmentation des rendements en riz d'environ 50% (230 et 328 g/m² respectivement).

2.2. Essais en parcelles de 25 m² à la Station de Recherches ISRA de Djibélor (Tableau 2).

Les résultats obtenus à la Station ISRA de Djibélor (Casamance) au cours des hivernages 1981 et 1982, ont montré que l'engrais vert S. rostrata permettait de doubler les rendements en grains. L'apport d'une fumure organique (compost + fumier) a un effet moindre.

Tableau 2. Effets sur les rendements en riz de l'engrais vert S. rostrata et d'une fumure organique.

Traitements	Rendement en grains (kg/25 m ²)	
	1981	1982
<u>S. rostrata</u>	7,30	11,25
Fumure organique	3,44	7,30
Témoin	2,99	5,75

N.B. Chaque résultat est la moyenne de six répétitions.

3. Origine de l'effet observé

3.1. Apport d'azote (Tableau 3).

Les bilans d'azote effectués sur l'essai réalisé en 1980 en microparcelles (page 13) ont montré que l'introduction de S. rostrata se traduit par un gain d'azote considérable (59 ± 27 kg N/m²) provenant pour l'essentiel de la fixation d'azote par les nodules de tige (Rinaudo et coll., 1982). L'augmentation des rendements en grains observée s'explique donc parfaitement par cet apport d'azote.

Tableau 3. Influence de l'engrais vert S. rostrata sur les teneurs en azote total des parties aériennes (graines + pailles) et du sol.

Traitement	N total (g/m ²)		
	Parties aériennes	Sol	Système sol + plante
<u>S. rostrata</u>	18 ± 4 a	177 ± 14 a	195 ± 14 a
(NH ₄) ₂ SO ₄ (60 kg N/ha)	7 ± 1 b	139 ± 5 b	146 ± 6 b
Témoin	4 ± 1 c	132 ± 12 b	136 ± 13 b

N.B. Les résultats suivis par la même lettre ne sont pas significativement différents (P = 0,05).

3.2. Apport de matière organique

L'enfouissement dans le sol des parties aériennes de S. rostrata correspond à un apport d'environ 2 kg de matière sèche/m², soit 20 T/ha de matière sèche. Dans le cas de sols pauvres en matière organique, un tel apport améliore très significativement la structure et la productivité des sols (recherches en cours).

3.3. Action sur certains nématodes parasites du riz

Des expériences réalisées en microparcelles de 1 m² préalablement infestées en Hirschmanniella oryzae, ont montré que S. rostrata agit comme une "plante-piège" envers ce nématode (Germani et coll., 1983). S. rostrata agit en contrôlant, au moins partiellement, les populations de nématodes pathogènes, et la culture suivante de riz a lieu dans un milieu où le taux d'infestation est suffisamment faible pour mettre le riz à l'abri d'attaques précoces et massives, les plus graves quant à leur répercussion sur la production des grains. Cet effet protecteur renforce l'intérêt de l'utilisation de S. rostrata comme engrais vert en riziculture.

CHAPITRE 3. ESSAIS D'INTRODUCTION DE SESBANIA ROSTRATA
EN AGRICULTURE TROPICALE

Ces essais devront être conduits en suivant trois étapes successives. La première étape consistera à vérifier si Sesbania rostrata peut être introduit dans la zone géographique où l'on souhaite l'utiliser: c'est l'essai de comportement. Si cet essai donne des résultats favorables on passera à la deuxième étape en mettant sur pied un essai ayant pour objet la mesure de l'effet de Sesbania rostrata sur le rendement du riz irrigué. Si ce deuxième essai est encourageant, on pourra, dans une troisième étape, chercher à améliorer les modalités d'insertion de S. rostrata non seulement en riziculture irriguée (avec une ou plus d'une récolte par an) mais aussi dans le cas de cultures exondées.

Première étape: Etude du comportement de Sesbania rostrata dans
dans une zone géographique donnée

1. Objectifs

- 1.1. Répondre à la question de savoir si Sesbania rostrata est adapté à un climat donné et à différents types de sols sous ce climat. La réponse à cette première question est essentielle, puisqu'elle décidera de l'opportunité de poursuivre les essais ultérieurs.
- 1.2. Si la réponse à la question précédente est affirmative, on déterminera la ou les dates optimales de semis de Sesbania rostrata en vue d'obtenir la biomasse maximale, la meilleure nodulation et le poids maximum de graines.
- 1.3. Enfin on explorera les problèmes soulevés par les attaques de différents agents pathogènes.

2. Principe de l'essai

On délimitera dans chacun des types de sol à étudier (sols présentant différents taux de matière organique ou de salinité etc...) une parcelle de 2 x 6 m divisée en quatre sous-parcelles de 2 x 1,5 m qui seront ensémençées en Sesbania rostrata tous les 3 mois pendant 1 an (Fig.14). Chaque sous-parcelle, comportera trois lignes A, B, C de Sesbania rostrata. Les lignes A seront récoltées 50 jours après le semis et les lignes C 100 jours après le semis pour évaluer la production de biomasse, donc de matière organique azotée (qui sera enfouie dans le sol lorsque S. rostrata sera utilisé comme engrais vert, ainsi qu'on l'expliquera au paragraphe suivant). Une troisième ligne (B) de S. rostrata sera conservée pendant tout le cycle végétatif.

3. Mise en place de l'essai (Fig. 14)

L'essai étant de nature exploratoire et de nature semi-quantitative, il n'a pas été jugé nécessaire d'effectuer des répétitions.

3.1. Préparation du sol et fumure phosphopotassique

Le sol sera labouré et recevra une fumure phosphopotassique aux doses habituellement pratiquées dans la région. A titre indicatif, signalons que les doses suivantes ont été utilisées au Sénégal : 30 kg P/ha; 80 kg K/ha.

3.2. Traitement des graines

Avant semis les graines devront être traitées à l'eau chaude comme indiqué page 22. Elles seront ensuite inoculées suivant la technique décrite page 9 (cette inoculation induit la nodulation du système racinaire et de la base de la tige).

3.3. Semis

Les densités de semis sont indiquées à la Fig. 14 (une graine tous les 10 cm sur des lignes espacées de 50 cm). Le semis devra être effectué sur sol humide mais non submergé.

3.4. Irrigation et inoculation des tiges

Lorsque les plants de Sesbania rostrata auront atteint plus de 30 cm de hauteur, le sol sera submergé. Lorsque les plants de S. rostrata auront atteint de 50 à 80 cm de hauteur, les parties aériennes seront inoculées par pulvérisation d'une culture de Rhizobium (cf page 10).

4. Observations et mesures à effectuer dans les quatre sous-parcelles ⁽¹⁾.

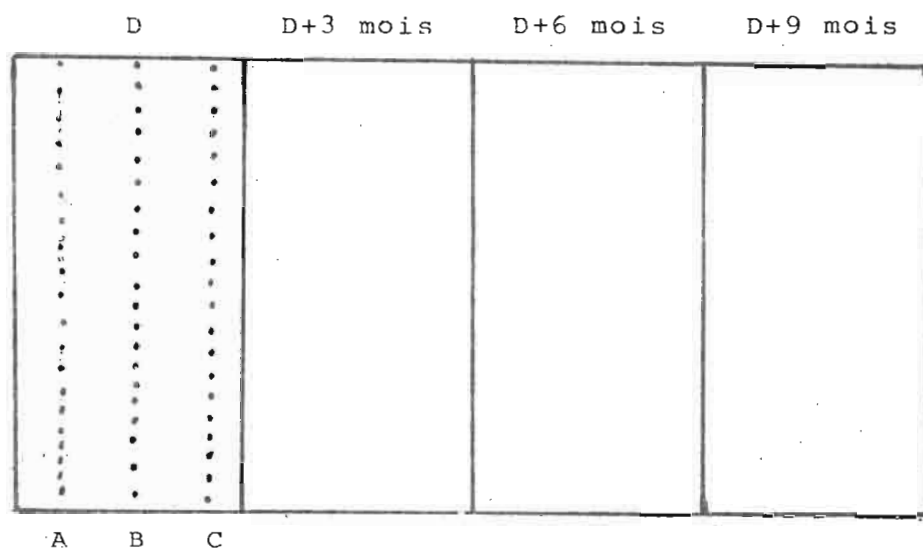
4.1. Caractéristiques du site expérimental

4.2. Semis

4.3. Hauteur de S. rostrata (sol au bourgeon terminal) tous les 14 jours environ.

4.4. Biomasse totale de S. rostrata (poids frais et, si possible, poids sec à 80°C) à déterminer au moment de la coupe des parties aériennes, c'est à dire au 50ème jour après le semis pour les lignes A, ou au 100ème jour après le semis pour les lignes C et à la fin du cycle végétatif pour les lignes B. Le tableau 4 détaille le calendrier des observations et mesures (12 séries en tout). Eventuellement doser N total (‰) dans les feuilles et les tiges correspondant aux lignes A (dans ce cas, déterminer le poids des feuilles et celui des tiges séparément et faire un échantillonnage très soigneux des tiges et des feuilles en vue du dosage de N total).

(1) Remplir la fiche d'observation page 26.



échelle 1 m

Fig. 14. Essai de comportement de Sesbania rostrata.

Dans chaque type de sol on délimitera une parcelle de 2 x 6 m subdivisée en 4 sous-parcelles de 2 x 1,5 m où S. rostrata sera semé à des dates successives espacées de 3 mois : dans la 1ère sous-parcelle le semis sera effectué un jour D; dans la 2ème au jour D+3 mois; dans la 3ème au jour D+6 mois et dans la 4ème au jour D+9 mois. Dans chaque sous parcelle on sèmera trois lignes A, B, C de graines, celles-ci étant espacées de 10 cm de sorte qu'il y aura 20 graines par ligne. Les lignes seront disposées comme indiquées sur le schéma. Les plantes des lignes A seront coupées au bout de 50 jours; les plantes des lignes C au bout de 100 jours; les plantes des lignes B resteront en place, comme porte-graines, jusqu'à la fin du cycle végétatif.

Tableau 4. Calendrier des observations et mesures à effectuer dans chaque sous-parcelle.

	Date de semis dans chacune des sous-parcelles			
	D	D + 3 mois	D + 6 mois	D + 9 mois
Ligne A	D+50 j	D+3 mois +50 j	D+6 mois +50 j	D+9 mois + 50 j
Ligne C	D+100 j	D+3 mois +100j	D+6 mois +100j	D+9 mois +100 j
Ligne B	D+T	D+3 mois +T	D+6 mois +T	D+9 mois +T

Signification des lettres : D = jour du premier semis; j = jour;

T = durée totale du cycle végétatif de S. rostrata.

4.5. Nodulation. Noter la date d'apparition des nodules après l'inoculation. Déterminer le nombre et estimer le poids sec et frais des nodules de tige au moment de la récolte des lignes A et C.

4.6. Floraison et fructification. Noter les dates de floraison et de fructification. Déterminer le poids total des graines obtenues.

4.7. Parasites. Noter les dates et circonstances d'apparition des parasites. Effectuer si possible les traitements phytosanitaires requis. (On connaît mal les parasites de S.

rostrata. On a seulement noté que les jeunes plantes pouvaient être attaquées par des pucerons noirs, les fleurs des plantes adultes dévorées par des coléoptères et les graines parasitées par des hyménoptères. Il faut toutefois remarquer que les effets de ces parasites sont très réduits lorsque S. rostrata est cultivé en été, c'est à dire dans les conditions les plus favorables à sa croissance).

5. Récolte des graines

S. rostrata fructifie abondamment dès que les jours raccourcissent. Les graines devront être récoltées au fur et à mesure de leur maturation. Traiter les graines avec un insecticide.

Deuxième étape : Etude de l'influence de l'utilisation de Sesbania rostrata comme engrais vert sur les rendements du riz irrigué

1. Objectifs. 1.1. Evaluer l'augmentation du rendement du riz (graines) par utilisation de S. rostrata comme engrais vert et comparer cet effet à celui de l'application d'une fumure azotée minérale de 60 à 100 kg N/ha.

1.2. Evaluer éventuellement l'arrière-effet de l'engrais vert Sesbania rostrata.

2. Principe de l'essai au champ

Dans un sol ayant reçu la fumure de base phosphopotassique usuelle (cf. page 21), on comparera l'effet sur le rendement du riz des traitements suivants :

Traitement A : engrais vert Sesbania rostrata

Traitement B : engrais azoté (urée 60 à 100 kg N/ha)

Traitement C : témoin

3. Dispositif expérimental et détails expérimentaux

L'essai sera conduit en blocs randomisés, les parcelles élémentaires ayant au minimum 20 m². Il y aura cinq à six répétitions. La Fig. 15 donne un exemple de dispositif expérimental en blocs comportant six répétitions (parcelles élémentaires de 28 m²). Bien entendu, on peut très bien concevoir l'intégration de l'expérimentation proposée ici dans un plan expérimental plus vaste, conçu par exemple pour comparer différents types de fumures.

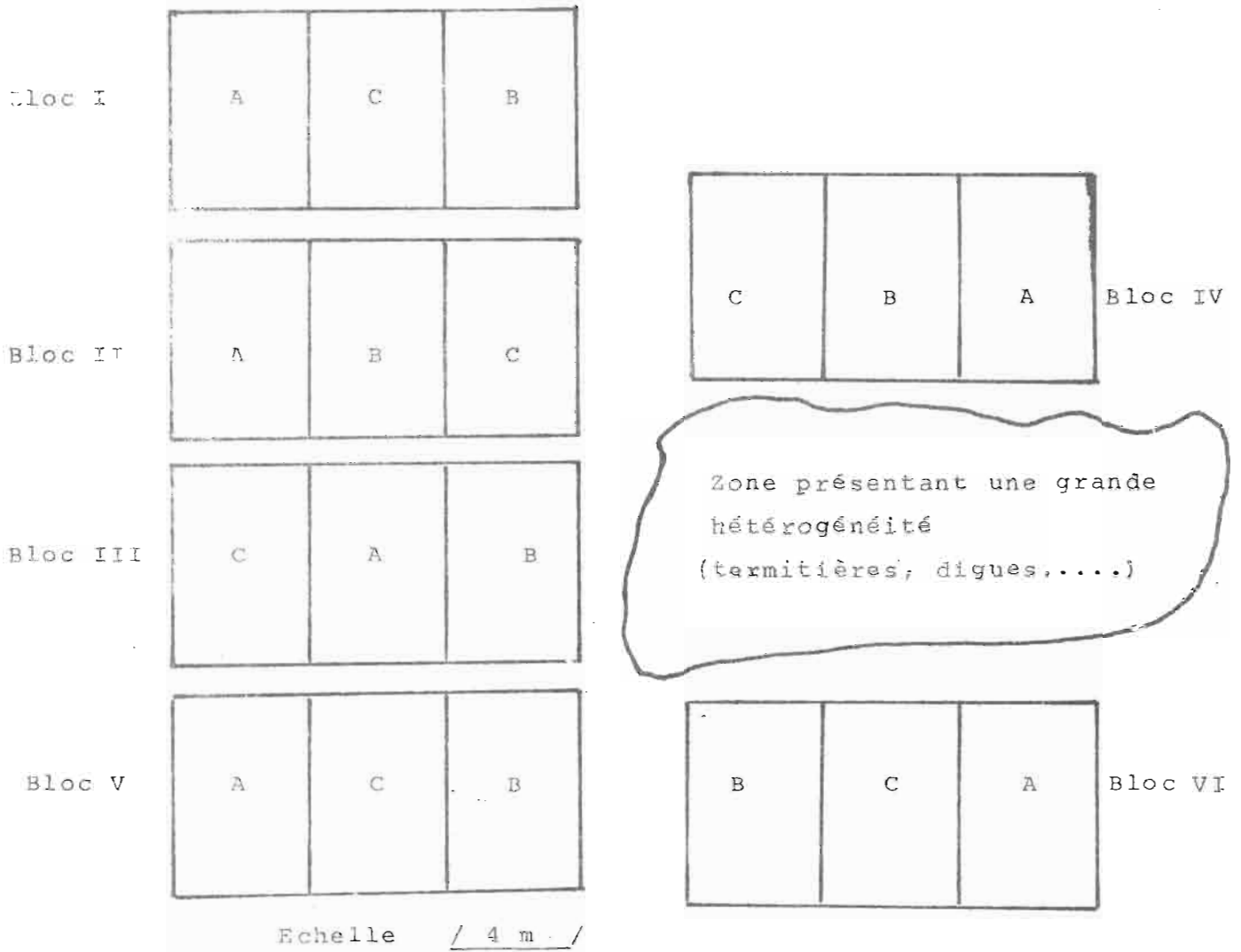


Fig. 15. Exemple de dispositif expérimental avec six répétitions, chaque parcelle élémentaire ayant une surface de 28 m^2 . Dans cet exemple les blocs ne sont pas juxtaposés de façon à éliminer une zone présentant une grande hétérogénéité. Les trois traitements sont désignés par A, B, C (cf. page 20).

3.1. Apport d'engrais

Sur toute la surface de l'essai apporter la fumure phospho-potassique habituellement utilisée dans le sol considéré. A titre indicatif signalons que la fumure suivante, dans un sol peu fertile, donne de bons résultats : 30 kg P/ha; 80 kg K/ha.

Dans les parcelles soumises au traitement B (engrais azoté), l'apport d'azote sera fait à la dose de 60 à 100 kg N/ha en une ou deux applications. L'engrais doit être apporté sous forme d'urée; en effet les autres formes d'engrais azoté présentent l'inconvénient d'apporter d'autres éléments tels que S ou P, ce qui risque de biaiser l'expérimentation.

3.2. Graines de Sesbania rostrata: constitution d'un stock suffisant; traitement des graines; semis.

3.2.1. Constitution du stock de graines

Il est absolument nécessaire de constituer un stock de graines suffisant avant de mettre en place l'essai au champ. Il faut 100 graines/m², soit 2 grammes de graines/m²(1) ou 20 kg de graines/ha. L'expérimentation préliminaire décrite auparavant (première étape) doit permettre de constituer un stock de graines suffisant.

La surface des essais au champ à entreprendre sera évidemment fonction de la quantité de graines récoltées. Veillez à éliminer les graines parasitées et à appliquer un insecticide.

(1) On admet que 1 kg de graines de Sesbania rostrata renferme 50000 graines.

3.2.2. Traitement des graines

Comme c'est le cas pour beaucoup de légumineuses tropicales, les graines de S. rostrata germent rapidement et de façon homogène seulement si elles ont été traitées soit à l'acide sulfurique soit mécaniquement. Le traitement à l'acide sulfurique consiste à immerger les graines pendant 30 minutes dans l'acide sulfurique concentré puis à les laver rapidement et abondamment à l'eau. Le traitement mécanique consiste à mélanger les graines à un volume équivalent de sable siliceux. Le mélange est versé dans un mortier et l'on abrase délicatement les graines avec le pilon. On arrête l'opération dès que les graines sont suffisamment rayées.

Il est conseillé d'inoculer les graines au moment du semis en les immergeant dans une culture de Rhizobium ORS 571 (cf page 9).

Remarque.

Les essais effectués au laboratoire ont montré que S. rostrata pouvait être facilement multiplié par bouture. Mais aucun essai au champ n'a permis de vérifier si cette méthode était applicable en agriculture.

3.2.3. Semis

Le semis devra être effectué, à la dose prescrite page 21, sur un sol humide mais non encore submergé.

3.3. Conduite de la culture de Sesbania rostrata

La culture de S. rostrata ne demande aucun soin particulier en dehors des deux précautions suivantes :

- (1) La mise en eau de la rizière ne devra pas être effectuée avant que les plantes de S. rostrata aient au moins 30 cm de haut.
- (2) Lorsque S. rostrata aura atteint une taille comprise entre 50 et 80 cm, les parties aériennes devront être inoculées par l'une

ou l'autre des méthodes décrites page 10. On trouvera page 9 la description du milieu de culture pour le Rhizobium spécifique de S. rostrata.

3.4. Enfouissement de Sesbania rostrata

Lorsque Sesbania rostrata sera âgé d'environ 50 jours (les plantes auront alors environ 1,5 m de hauteur), on procédera au drainage de la rizière. Lorsque le sol sera suffisamment ressuyé (soit 4 à 7 jours plus tard), on arrachera (ou on coupera au ras du sol) les plantes. On les coupera en morceaux de 10-20 cm que l'on enfouira dans le sol à 10-15 cm de profondeur.

Lors des essais que nous avons réalisés jusqu'à présent l'enfouissement dans le sol de S. rostrata a toujours été pratiqué manuellement. Il serait utile de mécaniser cette opération.

3.5. Repiquage du riz

Le repiquage du riz peut être effectué immédiatement après l'enfouissement de Sesbania rostrata dans le sol.

4. Observations et mesures à effectuer ⁽¹⁾

4.1. Caractéristiques du site expérimental

4.2. Nodulation

Effectuer une évaluation de la nodulation de tige (poids et nombre des nodules) sur une dizaine de plantes prélevées au hasard avant leur enfouissement.

4.3. Biomasse de Sesbania rostrata

Avant l'enfouissement de S. rostrata, il est conseillé d'effectuer une pesée des parties aériennes (poids frais et teneur en eau) et si possible de faire un échantillonnage des tiges et racines en vue du dosage d'azote total (N%).

(1) Remplir la fiche d'observations page 27.

Troisième étape : Amélioration des modalités d'utilisation de Sesbania rostrata en agriculture tropicale

Si les résultats obtenus au cours de la deuxième étape sont favorables, il apparaît nécessaire de perfectionner l'utilisation de Sesbania rostrata comme engrais vert en riziculture et de tenter d'étendre l'utilisation de cet engrais vert au cas de cultures pluviales. Sans entrer dans le détail de l'expérimentation à envisager, on donnera ici quelques indications relatives aux recherches qui pourraient être entreprises.

1. Riziculture irriguée

On peut imaginer deux principales modalités d'insertion de S. rostrata en riziculture : culture séquentielle du Sesbania et du riz (cf page 20) ou culture simultanée du Sesbania et du riz, Sesbania étant introduite en interligne et enfouie au bout de 30-50 jours. Les essais effectués ont, jusqu'à présent, porté sur des systèmes culturaux impliquant une seule culture de riz par an. Il serait intéressant d'étudier la possibilité d'insérer S. rostrata dans un système de riziculture comportant deux ou même trois récoltes par an.

2. Riziculture pluviale et autres cultures pluviales

La culture pluviale du riz ayant pris une grande extension au cours des dernières décennies, il pourrait être intéressant de tenter de déterminer les modalités d'utilisation de S. rostrata comme "engrais vert" ou comme "engrais azoté organique". Dans ce dernier cas, S. rostrata serait cultivé dans les zones impropres aux autres cultures (par ex. fonds de mares temporaires; sols salés etc...), récolté et incorporé au sol comme une fumure organique directement ou après compostage.

ANNEXE 1. COMMENT SE PROCURER DES GRAINES DE SESBANIA ROSTRATA
ET LA SOUCHE DE RHIZOBIUM ?

1. Graines

Les graines peuvent être fournies par le laboratoire de microbiologie des sols de l'ORSTOM, BP 1386, Dakar, Sénégal. Etant donné le stock limité dont nous disposons, il ne pourra être envoyé à chaque demandeur plus de 500 graines, quantité nécessaire à la mise en place d'un essai au champ tel qu'il est décrit page 16 sous le titre "Première étape: étude du comportement de Sesbania rostrata dans une zone géographique donnée".

2. Rhizobium spécifique

Le laboratoire de Microbiologie des Sols de l'ORSTOM de Dakar, peut fournir la souche Rhizobium spécifique (ORS 571) soit sous la forme lyophilisée soit sous la forme d'un inoculum en poudre.

2.1. Souche lyophilisée (ORS 571)

La souche peut être utilisée pour préparer la culture sur le milieu dont la composition est donnée page 9.

2.2. Inoculum en poudre

L'inoculum préparé sous forme de bactéries incluses dans l'alginate se présente sous la forme d'une poudre qui sera mise en solution colloïdale dans un tampon au moment de l'emploi. Cette solution sera utilisée pour inoculer les graines par trempage (cf. page 9) et les tiges par pulvérisation (cf. page 10).

ANNEXE 2. FICHE D'OBSERVATIONS N°1 : ETUDE DU COMPORTEMENT
DE SESBANIA ROSTRATA

- Lieu de l'expérience
- Latitude
- Type de sol
- Caractéristiques climatologiques
- Date du semis
- Pourcentage de levée des graines
- Hauteur des tiges au moment de la récolte (cm)
- Poids frais et sec des tiges (t) en g/m^2 (si possible)
- Poids frais et sec des feuilles (f) en g/m^2 (si possible)
- Poids frais et sec total (t+f) en g/m^2
- Teneur en N total des tiges (si possible)
- Teneur en N total des feuilles (si possible)
- Date d'apparition des nodules de tige après inoculation
- Nombre et poids (sec et frais) des nodules de tige au moment de la récolte
- Date de floraison (début et fin)
- Date de fructification (début et fin)
- Poids de graines récoltées (g/plante)
- Parasites
- Autres observations

N.B. Après avoir été complétée, cette fiche doit être retournée
au Dr. B. Dreyfus, laboratoire de microbiologie des sols
ORSTOM, B.P. 1386 Dakar, Sénégal.

ANNEXE 3. FICHE D'OBSERVATIONS N° 2: INFLUENCE DE L'UTILISATION DE SESBANIA ROSTRATA COMME ENGRAIS VERT SUR LES RENDEMENTS DU RIZ IRRIGUE.

- Lieu de l'expérience
- Latitude
- Type de sol
- Caractéristiques climatologiques
- Date du semis de Sesbania rostrata
- Quantités d'engrais apportés (préciser en particulier en kg N/ha la quantité d'urée utilisée dans le traitement B).
- Date d'apparition des nodules de tige après inoculation
- Nombre et poids (sec et frais) des nodules de tige avant l'enfouissement des parties aériennes de Sesbania rostrata
- Hauteur (cm) et poids (frais et sec) en g/m² des parties aériennes de Sesbania rostrata avant l'enfouissement
- Date du repiquage du riz
- Date de la récolte du riz
- Rendement du riz (kg grains/ha) et teneur en N des grains (N%) dans les trois traitements: engrais vert Sesbania rostrata, apport urée, témoin.
- Autres observations

N.B. Après avoir été complétée cette fiche doit être retournée au Dr. B. Dreyfus, laboratoire de microbiologie des sols ORSTOM B.P. 1385 Dakar, Sénégal.

REFERENCES

- BERHAUT, J. (1976). Floré illustrée du Sénégal, Tome V, p 515, Clairafrique, Dakar.
- DREYFUS, B. (1982). La symbiose entre Rhizobium et Sesbania rostrata, légumineuse à nodules caulinaires. Thèse de doctorat d'état, Université Paris VII.
- DREYFUS, B. et DOMMERGUES, Y.R. (1980). Non-inhibition de la fixation d'azote atmosphérique par l'azote combiné chez une légumineuse à nodules caulinaires, Sesbania rostrata. C.R. Acad. Sci. Paris, D. 291, 767-770.
- DREYFUS, B. et DOMMERGUES, Y.R. (1981). Nitrogen-fixing nodules induced by Rhizobium on the stem of the tropical legume Sesbania rostrata. FEMS Microbiol. Letters 10, 313-317.
- DUHOUX, E. et DREYFUS, B. (1982). Nature des sites d'infection par le Rhizobium de la tige de la légumineuse, Sesbania rostrata. C.R. Acad. Sc. Paris, t. 294, sér.III, 407-411.
- ELMERICH, C., DREYFUS, B.L., REYSSET, G. and AUBERT, J.P. (1982). Genetic analysis of nitrogen fixation in a fast-growing Rhizobium. The Embo J., (1), 499-503.
- GERMANI, G., REVERSAT, G. et LUC, M. Effect of Sesbania rostrata on Hirschmanniella oryzae in flooded rice. J. Nematol. (Sous presse).
- JUNG, G. MUGNIER, J., DIEM, H.G. and DOMMERGUES, Y.R. (1982). Polymer-entrapped Rhizobium as an inoculant for legumes. Plant Soil, 65, 219-231.
- PATNAIK, S. et RAO, M.V. (1979). Sources of nitrogen for rice production. In: Nitrogen and Rice, International Rice Research Institute, Los Banos, Philippines, pp 25-43.

RINAUDO, G., DREYFUS, B. and DOMMERGUES, Y.R. (1982).
Sesbania rostrata as a green-manure for rice in West Africa.
In: Proc. Workshop on Biological Nitrogen Fixation Technology
for Tropical Agriculture, Cali, Columbia (sous presse).

RINAUDO, G., DREYFUS, B. and DOMMERGUES, Y.R. (1982).
Influence of Sesbania rostrata green-manure on the nitrogen
content of rice crop and soil. Soil Biol. Biochem. (sous
presse).

TSIEN, (B), DREYFUS, (B) and SCHMIDT, (E.L.). (1983).
(en préparation).

VACHHANI, M.V. and MURTY, K.S. (1964). Green manuring for
rice. Indian Council of Agric. Res. Rep. Ser. No 17, 50 p.

VINCENT, J.M. (1970). A manual for the practical study of
root-nodule bacteria. IEP Handbook n°15, Blackwell Scientific
Publication, Oxford and Edinburgh, 164 p.

WATANABE, I. (1980). Report on the INSFFER field observation
tour to China. 3-14 September 1980 (document ronéotypé).

WATANABE, I. and APP. A. (1979). Research needs for management
of nitrogen fixation in flooded rice crop system. In:
Nitrogen and Rice, International Rice Research Institute,
Los Baños, Philippines, pp.485-490.

TABLES DES MATIERES

	page
<u>INTRODUCTION</u>	1
CHAPITRE 1. BIOLOGIE DE LA SYMBIOSE FIXATRICE D'AZOTE <u>SESBANIA ROSTRATA-RHIZOBIUM</u>	3
1. Description de <u>Sesbania rostrata</u>	3
2. Exigences climatiques et édaphiques de <u>S. rostrata</u>	4
3. Sites de nodulation des tiges	5
4. Double nodulation de <u>S. rostrata</u>	6
5. Génèse des nodules de tige	7
6. Les souches de Rhizobium de <u>S. rostrata</u>	8
7. Inoculation	9
8. Fixation d'azote	10
CHAPITRE 2. PREMIERS RESULTATS CONCERNANT L'UTILI- SATION DE <u>S. ROSTRATA</u> COMME ENGRAIS-VERT EN RIZICULTURE IRRIGUEE	12
1. Conditions expérimentales	12
2. Effet de l'engrais vert <u>S. rostrata</u> sur les rendements en riz	12
3. Origine de l'effet observé	14
CHAPITRE 3. ESSAIS D'INTRODUCTION DE <u>S. ROSTRATA</u> EN AGRICULTURE TROPICALE	16
<u>Première étape : Etude du comportement de</u> <u>S. rostrata dans une zone géographique donnée</u>	16
1. Objectifs	16
2. Principe de l'essai	17
3. Mise en place de l'essai	17
4. Observations	18
5. Récolte des graines	20

<u>Deuxième étape: Etude de l'influence de l'utilisation de <i>S. rostrata</i> comme engrais-vert sur les rendements du riz irrigué</u>	20
1. Objectifs	20
2. Principe de l'essai	20
3. Mise en place de l'essai	20
4. Observations	23
<u>Troisième étape: Amélioration des modalités d'utilisation de <i>S. rostrata</i> en agriculture tropicale</u>	24
1. Riziculture irriguée	24
2. Riziculture pluviale et autres cultures pluviales	24
<u>Annexe 1. Comment se procurer des graines de <i>S. rostrata</i> et la souche de <i>Rhizobium</i>?</u>	25
<u>Annexe 2. Fiche d'observations n°1 : Etude du comportement de <i>S. rostrata</i></u>	26
<u>Annexe 3. Fiche d'observations n°2 : Influence de l'utilisation de <i>S. rostrata</i> comme engrais vert sur les rendements du riz irrigué</u>	27
<u>Références</u>	28