

Fixation d'azote par *Sesbania rostrata*: son utilisation comme engrais vert

par

G. RINAUDO et A. MOUDIONGHI (*)

1. Introduction

Le riz est l'aliment de base de près de la moitié de la population mondiale. Pour répondre à une demande toujours croissante, il a fallu sélectionner des variétés de riz très performantes et accroître la consommation des engrais azotés et phosphatés; la révolution verte en riziculture est due pour l'essentiel à des variétés répondant bien à la fertilisation minérale. Malheureusement le coût élevé des engrais, notamment des engrais azotés, est souvent incompatible avec les ressources financières de la majorité des paysans des pays en voie de développement.

L'une des solutions permettant le maintien ou l'amélioration de la fertilité des sols, sans avoir recours aux importations d'engrais chimiques, consiste à utiliser les systèmes fixateurs d'azote. En Asie du Sud-Est et en Inde, les paysans ont adopté de longue date la technique de l'engrais vert, qu'il s'agisse d'azolla ou de légumineuses [PATNAIK et RAO, 1979; LUMPKIN et PLUCKNETT, 1982; KANAZAWA, 1984; SINGH, 1984; VENKATARAMAN, 1984; WEN QI-XIAO, 1984; ROGER et WATANABE, 1985].

De très nombreuses légumineuses ont été utilisées comme engrais vert, en particulier diverses espèces du genre *Sesbania*. Parmi celles-ci, *S. rostrata* est probablement la plus performante. Il s'agit d'une légumineuse tropicale annuelle que l'on trouve en Afrique de l'Ouest durant la saison des pluies, dans des sols hydromorphes [BERHAUT, 1976]. *S. rostrata* peut porter des nodules fixateurs d'azote à la fois sur les racines et sur les tiges, de sorte que le nombre et le poids des nodules peuvent être beaucoup plus élevés que chez la plupart des autres espèces légumineuses [DREYFUS et DOMMERGUES, 1981]. Les nodules caulinaires de *S. rostrata* se développent après infection par une souche spécifique de *Rhizobium*, sur des sites prédéterminés, disposés

(*) O.R.S.T.O.M. B.P. 1386. DAKAR (Sénégal).



Fonds Documentaire IRD

Cote : Bx 26661 Ex : unique

régulièrement sur des génératrices parallèles à l'axe de la tige; en fait ces sites sont des ébauches racinaires [DUHOUX, 1984]. Des essais préliminaires, effectués en micro-parcelles de 1 m², ont montré que *S. rostrata* peut fixer environ 250 unités d'azote en 50 à 60 jours, et que son utilisation comme engrais vert permet de doubler les rendements en riz [RINAUDO *et al.*, 1982, 1983].

Les travaux que nous présentons ici ont pour objet de préciser les potentialités de *S. rostrata* mais aussi ses limites. Nous présenterons également quelques essais qui nous paraissent bien illustrer les possibilités d'utilisation de *S. rostrata* en riziculture irriguée et dans le cas de cultures sur sol exondé (riz pluvial et sorgho).

2. Matériel et méthode

2.1. CULTURE DE *S. ROSTRATA*

Comme c'est fréquemment le cas avec les légumineuses tropicales, les graines de *S. rostrata* ne germent correctement que si elles ont été préalablement traitées. Par la suite, les sites de nodulation apparaissent sur la tige au fur et à mesure de son développement.

Prétraitement des semences

Les graines sont soumises à l'un ou l'autre des traitements suivants: (1) trempage 30 min dans l'acide sulfurique concentré, puis rinçage abondant à l'eau; (2) scarification par frottement avec des matériaux abrasifs (sable siliceux, papier de verre, ...).

L'inoculation

Elle consiste en une pulvérisation des tiges avec une culture du *Rhizobium* spécifique ORS 571. Les nodules sont généralement visibles à l'œil nu, 3 à 4 jours après l'inoculation.

Conduite de l'irrigation

S. rostrata est exigeante en eau et doit donc être fréquemment arrosée. Quand les plantes ont atteint une hauteur de 15 à 20 cm, il est possible (mais non indispensable) de maintenir le sol sous lame d'eau.

Si *S. rostrata* est utilisée comme engrais vert, coupe et enfouissement ont lieu quand les plantes sont âgées de 50 à 60 jours: les parties aériennes (tiges et feuilles) sont hachées grossièrement en fragments de 10 à 20 cm avant leur incorporation au sol.

Différents dispositifs de culture ont été utilisés:

- vases de végétation constitués de cylindres en PVC de 30 cm de diamètre et 50 cm de haut, fermés à leur partie inférieure et remplis de sol sur une hauteur de 30 cm (soit environ 20 l de sol par cylindre);

- micro-parcelles de 1 m², profondes de 60 cm, rendues étanches par un film plastique et remplies de sol sur une hauteur de 50 cm (soit 500 l de sol par micro-parcelle);

- culture en plein champ.

2.2. SOLS

Le sol le plus fréquemment utilisé a été le sol de la station ORSTOM de Bel-Air. Il s'agit d'un sol Dior, sol sableux typique du Sénégal. Le sol de Bel-Air a été comparé au sol de Tilène, sol alluvial hydromorphe, représentatif des cuvettes de décantation du delta du fleuve Sénégal, dont la texture est au contraire très lourde. Les principales caractéristiques analytiques de ces deux sols sont données au tableau I.

Tableau I. — Caractéristiques physico-chimiques des sols de Bel-Air et de Tilène.

	Bel-Air	Tilène
Argile	3,8 %	57,8 %
Limon fin	1,4 %	12,9 %
Limon grossier	0,7 %	4,9 %
Sable fin	48,4 %	10,5 %
Sable grossier	44,5 %	7,8 %
pH eau	7,7	6,0
pH KCl	7,0	5,0
Carbone	4,0 ‰	11,6 ‰
Azote	0,26 ‰	0,63 ‰
P ₂ O ₅ total	0,37 ‰	0,24 ‰
P ₂ O ₅ assimilable	0,28 ‰	0,03 ‰

2.3. MESURES DE REDUCTION DE L'ACETYLENE

Rappelons que la mesure de l'activité réductrice d'acétylène (ARA) est une mesure de l'activité de la nitrogénase, le complexe enzymatique responsable de la fixation de l'azote [DILWORTH, 1966; SCHÖLLHÖRN et BURRIS, 1966]. Il suffit pour cela d'enfermer le matériel à analyser dans une enceinte étanche et de l'incuber dans une atmosphère contenant 10 % d'acétylène. L'éthylène produit est analysé par chromatographie en phase gazeuse.

Pour *S. rostrata* nous avons choisi d'effectuer les incubations en bouteilles de 1,5 l dans lesquelles les portions de tige portant des nodules peuvent être introduites par fragments de 25 cm de long. Les analyses sont effectuées au moyen d'un chromatographe à ionisation de flamme Varian Aerograph 1400.

2.4. ESTIMATION DE L'AZOTE FIXE PAR *S. ROSTRATA*

La fixation d'azote peut être estimée simultanément par deux méthodes, basées sur la comparaison de plantes fixatrices d'azote et de plantes non fixatrices.

La méthode de dilution isotopique [FRIED et MIDDLEBOE, 1977] est basée sur le fait que les plantes non fixatrices utilisent l'azote du sol et de l'engrais marqué, alors que les plantes fixatrices utilisent en plus l'azote de l'air, ce qui se traduit par une dilution de l'azote marqué.

La méthode par différence consiste à mesurer la différence entre l'azote total des plantes fixatrices d'azote et l'azote total des plantes non fixatrices.

Dans le cas présent, les plantes ont été cultivées en vase de végétation (4 plantes par cylindre) et ont reçu 40 unités d'azote (urée N-15 d'excès isotopiques 5,02%). L'essai a comporté deux traitements: (1) plantes fixatrices d'azote (inoculées 21 et 31 jours après le semis); (2) plantes non fixatrices (non inoculées).

Les analyses ont été effectuées au 53ème jour sur les parties aériennes des plantes (tiges et feuilles). L'azote total a été déterminé suivant la méthode de Kjeldahl (système BÜCHI). L'azote-15 a été déterminé par spectrométrie d'émission (spectromètre GS1 de SOPRA), suivant un protocole très proche de celui proposé par MARTIN *et al.* [1981].

3. Résultats

3.1. FIXATION D'AZOTE PAR *S. ROSTRATA*

Les plantes ont été cultivées 53 jours sur sol de Bel-Air en vases de végétation (cylindres PVC; 4 plantes par cylindre). A compter du 15ème jour, le sol a été maintenu sous lame d'eau. L'inoculation a été effectuée aux 21ème et 31ème jours par pulvérisation des tiges avec une culture de *Rhizobium*.

Activité réductrice d'acétylène (Figure 1)

Des mesures d'ARA ont été effectuées à la fois sur les tiges et sur les racines. Les résultats obtenus (Figure 1A) montrent qu'en condition d'hydromorphie permanente, la fixation d'azote par *S. rostrata* est due essentiellement aux nodules caulinaires (environ 96 % de l'activité totale).

L'activité réductrice d'acétylène peut être considérée comme une estimation indirecte de l'activité fixatrice d'azote; l'une et l'autre évoluent probablement de la même manière au cours du développement de la plante. On peut donc par intégration de la courbe d'ARA caulinaire, obtenir une courbe cumulative permettant d'apprécier la fixation d'azote en fonction de l'âge de la plante. Ainsi dans le cas présent on constate (Figure 1B) que le gain d'azote

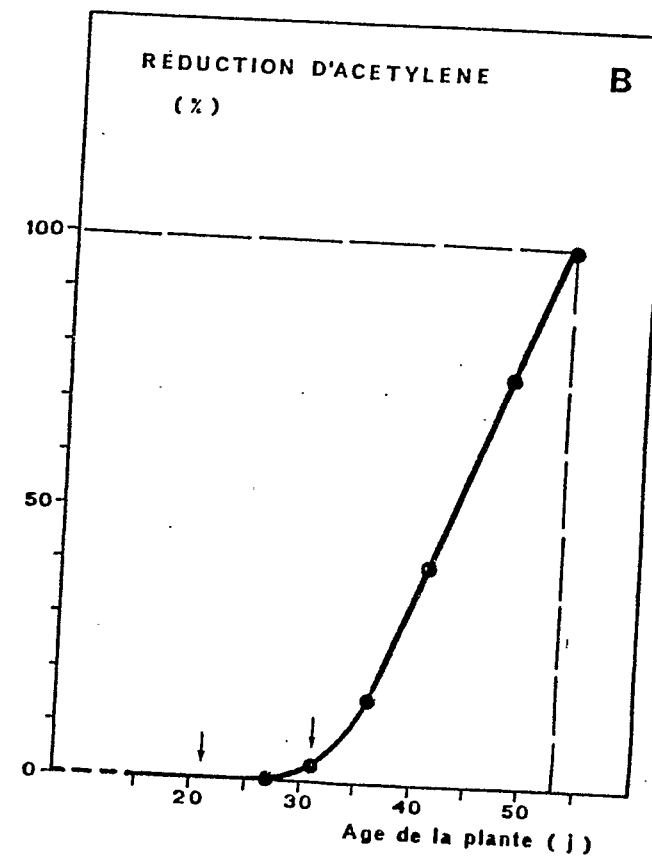
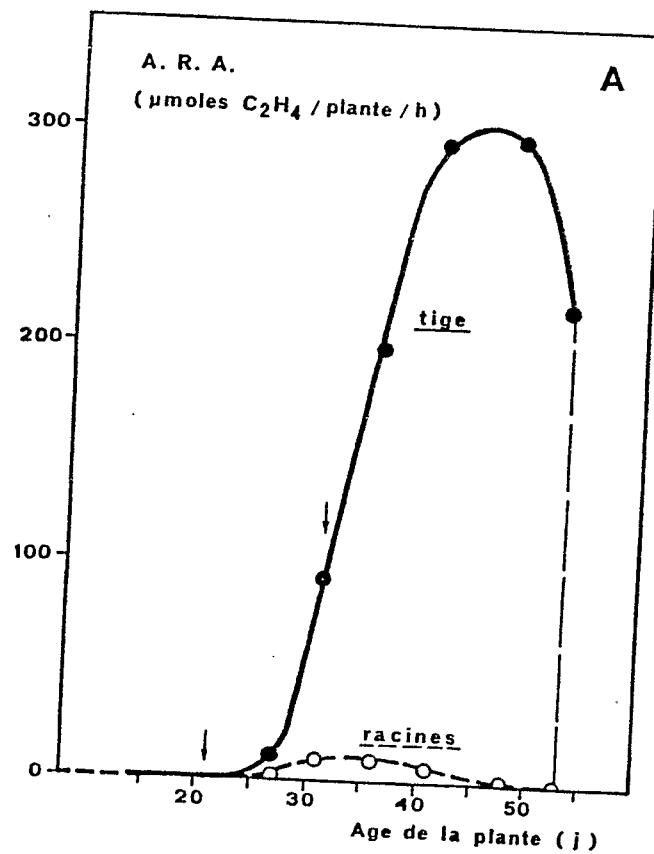


Figure 1. — Activité réductrice d'acétylène de *Sesbania rostrata* en fonction de l'âge de la plante (les plantes ont été inoculées 21 et 31 jours après le semis).

est à peu près linéaire entre le 35ème et le 53ème jour, et qu'en 40 jours par exemple, *S. rostrata* n'aurait fixé que 35 % environ de l'azote qu'elle peut fixer en 53 jours.

Estimation de l'azote fixé (Tableaux II et III)

L'inoculation a un effet marqué sur le développement et la teneur en azote de *S. rostrata* qui accumule 5,43 g d'azote par cylindre dans ses parties aériennes, contre 3,05 g dans le cas de plantes non inoculées (Tableau II).

Nous avons estimé la fixation d'azote, d'une part en faisant simplement la différence entre ces deux valeurs, d'autre part au moyen de la méthode de dilution isotopique. Les résultats obtenus sont très proches: 2,38 et 2,15 g d'azote respectivement (Tableau III).

Ces quantités sont très importantes: elles correspondent en effet à environ 30 g d'azote fixé par m². Nous avons calculé en outre que 38 % de l'azote de la plante provenaient de la fixation d'azote.

Tableau II. — Effet de l'inoculation sur le développement et la teneur en azote de *Sesbania rostrata* (plantes de 53 jours; 4 plantes/cylindre).

Plantes	Hauteur (m)	Poids sec (g/cylindre)	N %	N total (g/cylindre)
Non fixatrices	1,56 ± 0,10	193 ± 14	1,58 ± 0,11	3,05 ± 0,25
Fixatrices	1,76 ± 0,07	238 ± 19	2,28 ± 0,05	5,43 ± 0,41

Tableau III. — Estimation de la fixation d'azote par *Sesbania rostrata*: méthode par différence et méthode de dilution isotopique.

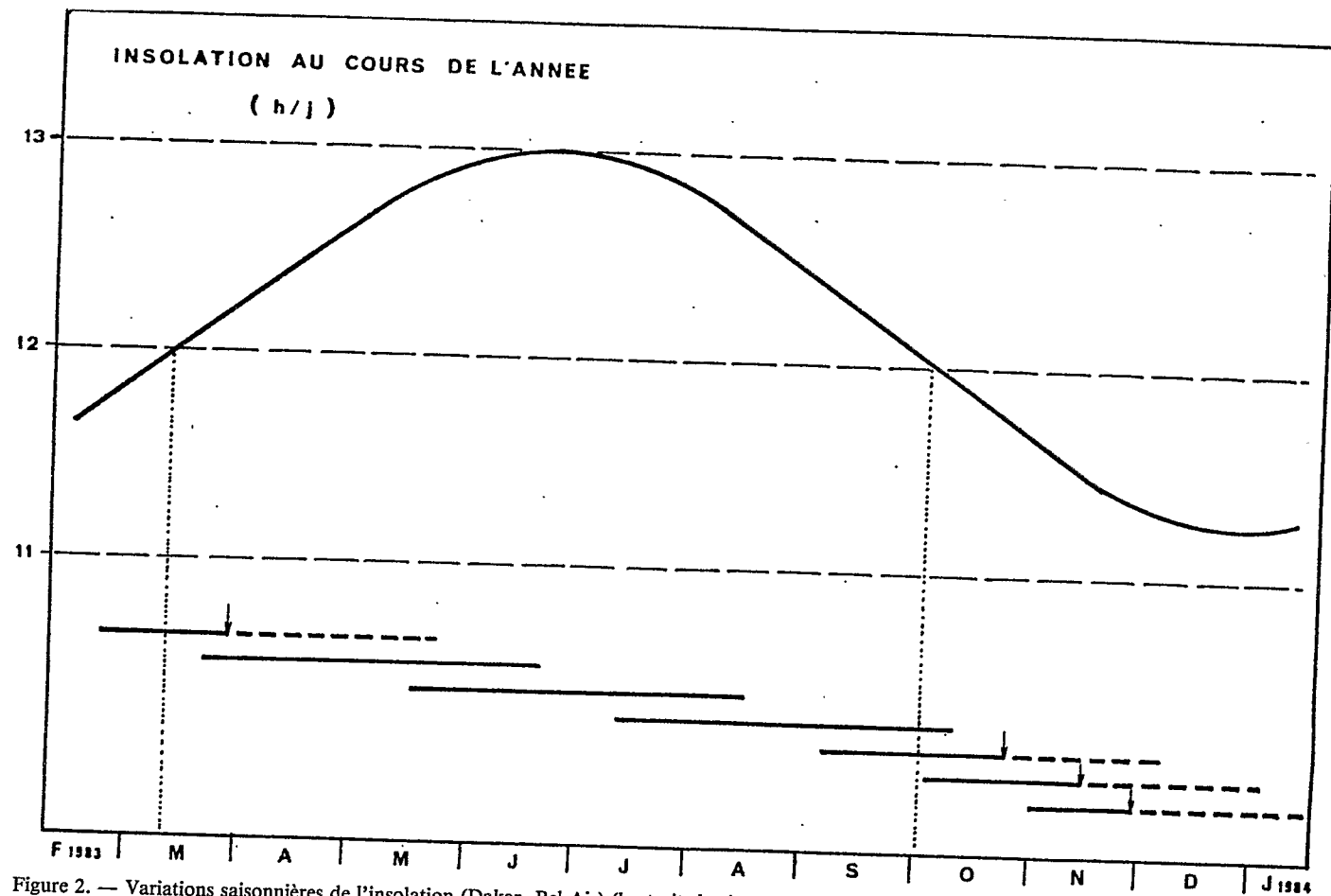
Méthode	Fixation de N ₂ (g/cylindre)
Différence	2,38 ± 0,20 (a)
Dilution isotopique	2,15 ± 0,52 (b)

Soit en g/m²: (a) 33,5 ± 2,8; (b) 30,3 ± 7,3.

3.2. ANALYSE DU DEVELOPPEMENT DE *S. ROSTRATA* ET DE L'ACTIVITE FIXATRICE D'AZOTE AU COURS DE CYCLES INITIES A DIFFERENTES EPOQUES DE L'ANNEE (Figures 2 à 6)

Différents semis ont été effectués au cours de l'année 1983. Inoculations et mesures ont été effectuées à intervalles de deux semaines, à compter de la 3ème semaine. Les plantes ont été cultivées en vase de végétation.

Paramètres climatiques (Figures 2 et 3)



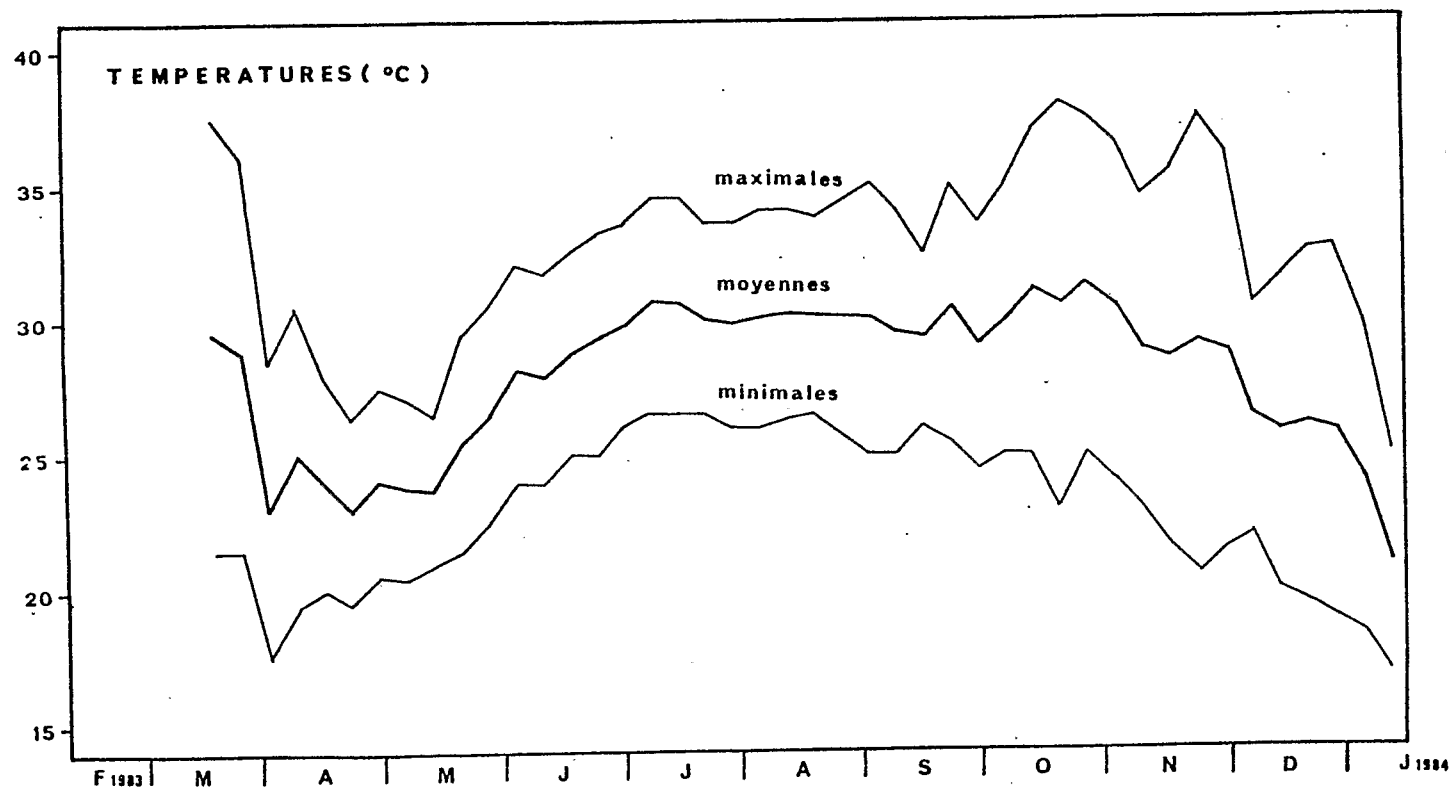


Figure 3. — Variations saisonnières de la température (Dakar, Bel-Air).

L'insolation journalière à Dakar varie au cours de l'année de 11h15 à 13h/jour (Figure 2). Les traits horizontaux représentent les différents cycles végétatifs et les flèches le début de la floraison. On constate que la floraison intervient dans le cas de cycles initiés ou se déroulant en période de jours courts. Quand les plantes sont cultivées en période de jours longs (insolation supérieure à 12h/jour), il n'y a pas de floraison.

Les valeurs hebdomadaires moyennes des températures relevées de mars 1983 à janvier 1984, ont été reportées à la figure 3. On observera en particulier que la température diminue rapidement en mars, puis augmente lentement en mai et juin. Les températures moyennes se situent entre 21 et 31°C.

Développement de *S. rostrata* (Figures 4 et 5)

La hauteur des plantes (Figure 4) varie considérablement suivant la date du semis: de 0,35 à 2,10 m à 9 semaines (courbe en traits interrompus). Elle est optimale en période de jours longs et de températures élevées (juillet-août), et au contraire très faible en fin d'année (novembre-décembre).

Des observations analogues peuvent être faites en ce qui concerne la teneur en azote des parties aériennes (Figure 5): elles se situent à 9 semaines entre 0,1 et 1,6 g par plante.

Température et insolation journalière conditionnent donc profondément le développement de *S. rostrata*.

Activité réductrice d'acétylène (Figure 6)

Les mêmes observations peuvent être faites pour l'ARA caulinaire (valeurs extrêmes mesurées: 25 à 170 micromoles d'éthylène par plante). Toutefois, l'analyse des mesures effectuées en avril, mai et juin, met en évidence un effet très net des variations de température sur l'activité caulinaire (cf. en particulier les variations d'ARA caulinaire à 7 semaines).

3.3. APPLICATIONS: UTILISATION DE *S. ROSTRATA* COMME ENGRAIS VERT

Les potentialités fixatrices d'azote remarquables de *S. rostrata* en font un engrais vert d'excellente qualité en riziculture irriguée mais aussi en culture exondée.

S. rostrata en riziculture irriguée (Figure 7)

Nous avons comparé le sol de Bel-Air, de texture très sableuse, et le sol de Tilène, de texture argileuse. Les principales caractéristiques de ces deux sols ont été reportées dans le tableau I. Les essais ont été conduits en micro-parcelles de 1 m² et ont comporté trois traitements: (1) aucun apport d'azote, (2) apport azoté minéral, (3) enfouissement de *S. rostrata* [RINAUDO *et al.*, 1982]. Deux cultures consécutives de riz ont été effectuées.

Des résultats similaires ont été obtenus avec les deux sols: (1) dans le cas des parcelles ayant reçu l'engrais vert, les rendements en grains sont 2,5 à 3 fois supérieurs à ceux des parcelles témoins après la 1ère culture de riz, (2)

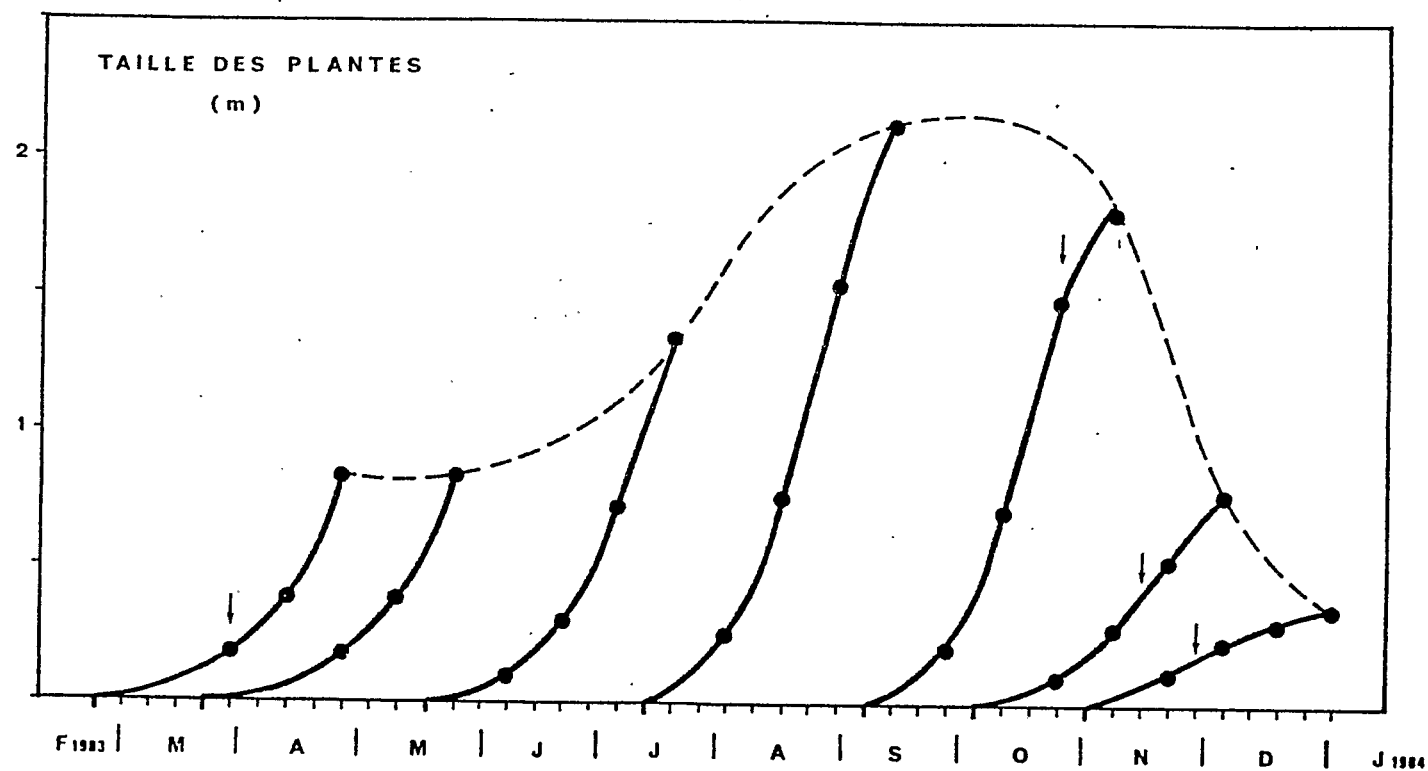


Figure 4. — Evolution de la hauteur de *Sesbania rostrata* (la courbe en traits interrompus représente la hauteur à 9 semaines).

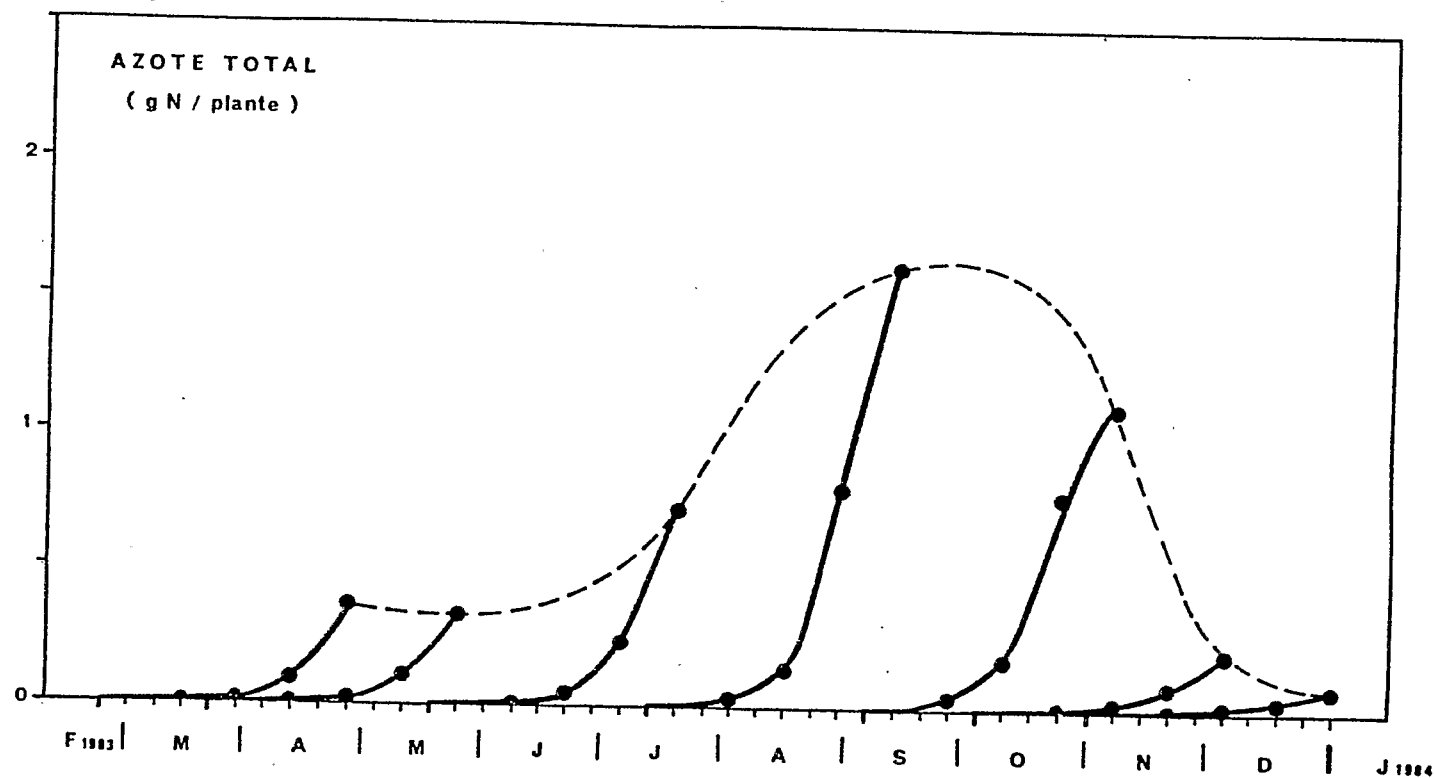


Figure 5. — Evolution de la teneur en azote total de *Sesbania rostrata*.

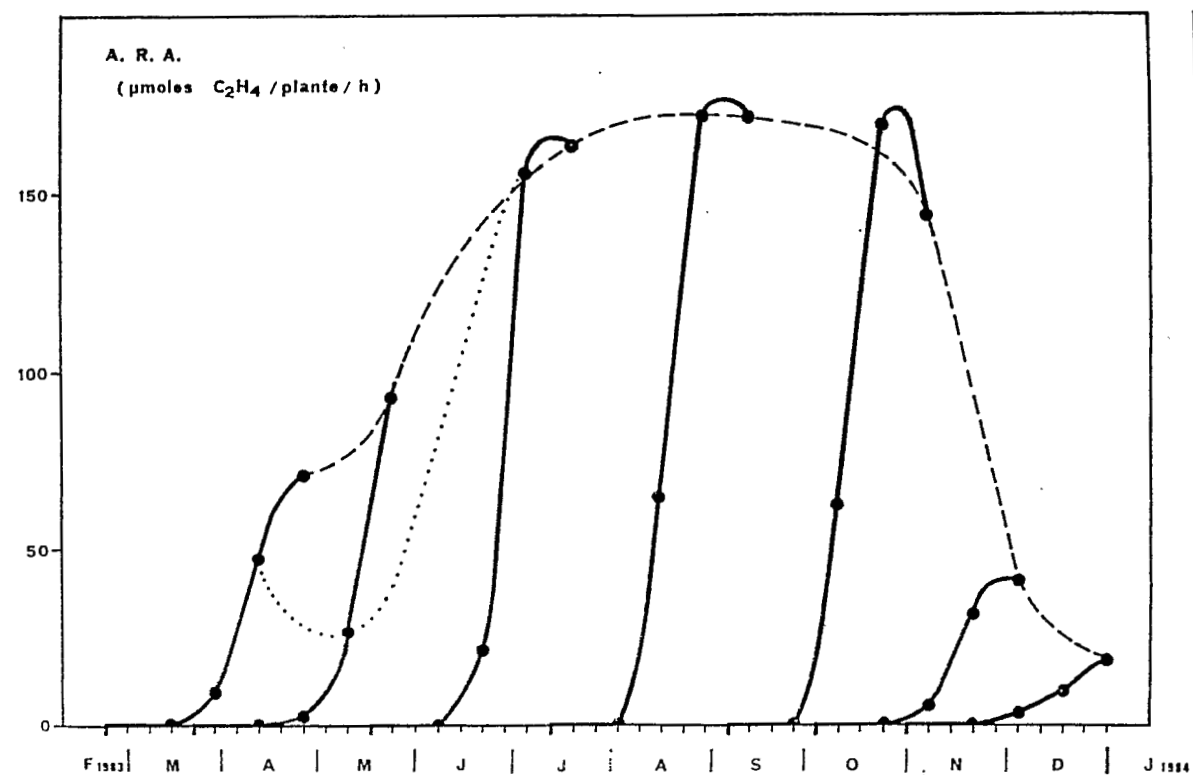


Figure 6. — Evolution de l'activité réductrice d'acétylène de *Sesbania rostrata* (la courbe en pointillés représente l'ARA à 7 semaines en avril, mai et juin).

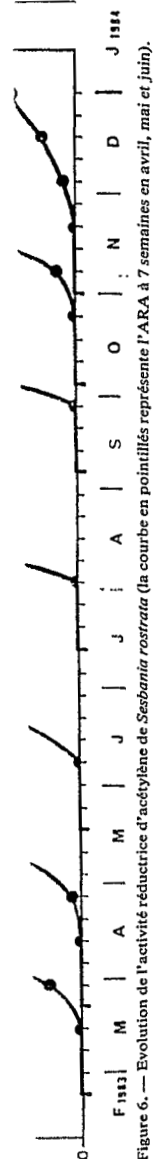


Figure 6. — Evolution de l'activité réductrice d'acétylène de *Sesbania rostrata* (la courbe en pointillés représente l'ARA à 7 semaines en avril, mai et juin).

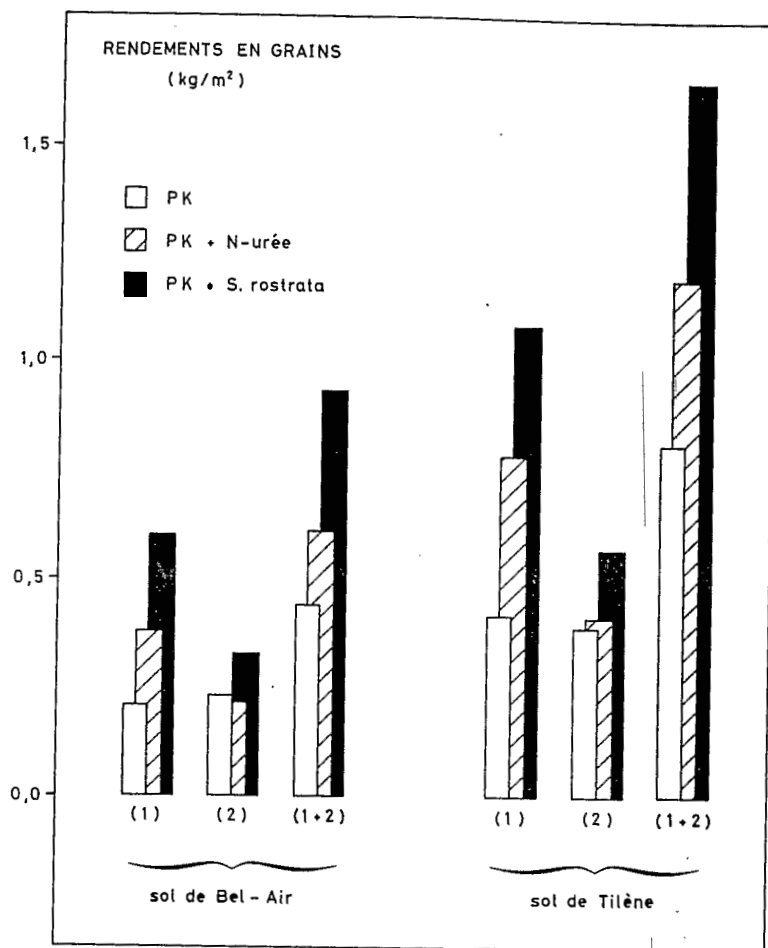


Figure 7. — Utilisation de l'engrais vert *Sesbania rostrata* en riziculture irriguée: comparaison de deux sols; effet sur deux cultures de riz consécutives (apports N-urée: sol de Bel-Air, 60 unités; sol de Tilène, 100 unités).

compte tenu de l'effet résiduel sur la 2^e culture (augmentation des rendements de l'ordre de 50 %), l'effet global de l'engrais vert *S. rostrata* sur deux cultures de riz, est de doubler les rendements en grains.

S. rostrata en culture exondée (Figure 8)

L'engrais vert *S. rostrata* a été testé avec du riz pluvial et du sorgho en parcelles de 4 m². Dans les deux cas, coupe et enfouissement ont été effectués à deux mois.

L'essai «riz pluvial» a été effectué à proximité d'un village de Casamance, Affiniam; l'enfouissement de *S. rostrata* a été effectué sur place. En revanche, dans le cas de l'essai «sorgho», réalisé à la station ORSTOM de Bel-Air, *S. rostrata* a été cultivée en sol inondé puis transportée et enfouie en sol exondé.

Dans l'un et l'autre cas, l'effet de l'engrais vert est spectaculaire: en riz pluvial on observe une augmentation des rendements en grains d'environ 70 %; dans le cas du sorgho, les rendements ont plus que doublé et ont un effet comparable à un apport de 150 unités d'azote.

4. Discussion

L'inoculation des tiges de *S. rostrata* avec une culture de *Rhizobium* provoque la formation de très nombreux nodules. Ces nodules se développent rapidement: quatre jours après l'inoculation, ils sont visibles à l'œil nu et leur activité est décelable par la méthode de réduction de l'acétylène.

La fixation d'azote ne devient importante que quatre à cinq semaines après le semis (Figure 1): elle est alors due essentiellement aux nodules caulinaires. Nous avons estimé les quantités d'azote fixées en 53 jours à environ 30 g/m² (Tableau III); ce résultat confirme les estimations antérieures effectuées par bilan d'azote [RINAUDO *et al.*, 1983].

Les légumineuses utilisées en engrais vert accumulent en moyenne 100 kg N/ha [ROGER et WATANABE, 1985]. En raison de sa double nodulation, *S. rostrata* est donc plus efficiente que la plupart des autres légumineuses; son introduction en riziculture constitue un progrès indéniable.

De fait, les essais réalisés en micro-parcelles de 1 m² montrent que l'engrais vert *S. rostrata*, utilisé préalablement à deux cultures consécutives de riz, permet de doubler les rendements en grains; des résultats comparables ont été obtenus sur sol argileux et sur sol sablonneux (Figure 7). Les résultats préliminaires obtenus dans le cas de cultures pluviales (riz et sorgho) sont également très encourageants (Figure 8).

Des essais effectués à différentes époques de l'année montrent que le développement de *S. rostrata* est étroitement dépendant des conditions climatiques (Figures 4 et 5). La floraison peut intervenir très rapidement (4 à 5 semaines après le semis) si la durée de l'insolation est inférieure à 12h/jour (Figure 2). La fixation caulinaire d'azote est particulièrement sensible aux

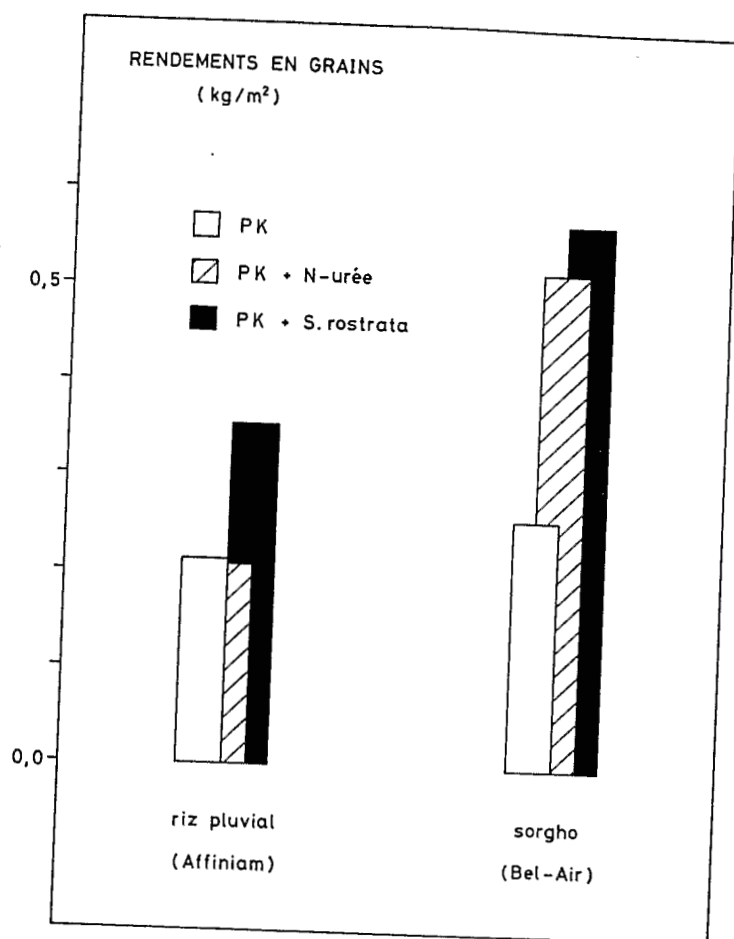


Figure 8. — Utilisation de l'engrais vert *Sesbania rostrata* en sol exondé: riz pluvial et sorgho (apports N-urée: riz pluvial, 50 unités; sorgho, 150 unités).

variations de température (Figure 6); la température moyenne optimale est de l'ordre de 30°C. Les conditions climatiques peuvent donc limiter sérieusement l'utilisation de *S. rostrata*.

En culture pluviale, *S. rostrata* est très sensible à certains nématodes phytoparasites (genre *Meloidogine* notamment). En sol inondé, par contre, *S. rostrata* joue le rôle de plante piège vis-à-vis de *Hirschmanniella oryzae* et *H. spinicaudata* [GERMANI *et al.*, 1983], nématodes phytoparasites du riz très fréquents en Afrique de l'Ouest; on observe après culture de *S. rostrata* une diminution très spectaculaire du nombre de nématodes. L'utilisation de *S. rostrata* en riziculture irriguée est donc bénéfique, non seulement par un apport très substantiel d'azote, mais aussi par l'élimination (au moins momentanée) de l'un des facteurs susceptibles de limiter la productivité des rizières en Afrique de l'Ouest.

Une nodulation spontanée des tiges peut être observée dans le cas de sols renfermant le rhizobium spécifique. Cette nodulation est le plus souvent limitée à la base des tiges et ne permet pas l'expression optimale des potentialités de la plante. Il convient donc d'inoculer. Des études actuellement en cours ont précisément pour objet la mise au point d'un inoculum facilement utilisable sur le terrain et la recherche des dates optimales d'inoculation.

L'utilisation de *S. rostrata* en riziculture dans une zone géographique donnée devrait toujours être précédée par des essais préalables destinés à préciser ses potentialités mais aussi ses limites. En particulier, il faut compter environ 6 mois pour effectuer une culture de *S. rostrata* suivie par une culture de riz. Il importe donc de définir aussi précisément que possible un calendrier cultural tenant compte d'une part des disponibilités en eau (pluviométrie, possibilités d'irrigation), d'autre part du comportement de *S. rostrata* vis-à-vis de l'évolution des paramètres climatiques.

Bibliographie

- BERHAUT J. [1976]. Flore illustrée du Sénégal. Clairafrique, Dakar, 56.
 DILWORTH M.J. [1966]. Acetylene reduction by nitrogen-fixing preparations from *Clostridium pasteurianum*. *Biochim. Biophys. Acta* 127, 285-294.
 DREYFUS B.L. and DOMMERGUES Y.R. [1981]. Nitrogen-fixing nodules induced by Rhizobium on the stem of the tropical legume *Sesbania rostrata*. *FEMS Microbiol. Lett.* 10, 313-317.
 DUHOUX E. [1984]. Ontogenèse des nodules caulinaires du *Sesbania rostrata* (légumineuses). *Can. J. Bot.* 62, 982-994.
 FRIED M. and MIDDLEBOE V. [1977]. Measurement of amount of nitrogen fixed by a legume crop. *Plant and Soil* 47, 713-715.
 GERMANI G., REVERSAT G. and LUC M. [1983]. Effect of *Sesbania rostrata* on *Hirschmanniella oryzae* in flooded rice. *J. Nematol.* 15, 269-271.
 KANAZAWA N. [1984]. Trends and economic factors affecting organic manures in Japan. In: Organic matter and rice. The International Rice Research Institute, Los Baños, Philippines, 557-567.

- LUMPKIN T.A. and PLUCKNETT D.L. [1982]. Azolla as a green manure. Westview Tropical Agriculture Series, Westview Press, Boulder, 230 p.
- MARTIN F., MAUDINAS B., CHEMARDIN M. and GADAL P. [1981]. Preparation of submicrogram nitrogen samples for isotope analysis by the GS1 emission spectrometer. *Int. J. Appl. Rad. Isot.* **32**, 215-217.
- PATNAIK S. and RAO M.V. [1979]. Sources of nitrogen for rice production. *In: Nitrogen and rice*. The International Rice Research Institute, Los Baños, Philippines, 25-44.
- RINAUDO G., DREYFUS B. and DOMMERGUES Y.R. [1982]. *Sesbania rostrata* as a green manure for rice in West Africa. *In: B.N.F. Technology for tropical agriculture*, P.H. GRAHAM and S.C. HARRIS (Eds), 441-445.
- RINAUDO G., DREYFUS B. and DOMMERGUES Y.R. [1983]. *Sesbania rostrata* green manure and the nitrogen content of rice crop and soil. *Soil Biol. Biochem.* **15**, 111-113.
- ROGER P.A. and WATANABE I. [1985]. Technologies for utilizing biological nitrogen fixation in wetland rice: potentialities, current usage, and limiting factors. *Fertil. Rev.* (sous presse).
- SCHÖLLHORN R. and BURRIS R.H. [1966]. Study of intermediates in nitrogen fixation. *Fed. Proc.* **24**, 710.
- SINGH N.T. [1984]. Green manures as source of nutrients in rice production. *In: Organic matter and rice*. The International Rice Research Institute, Los Baños, Philippines, 217-228.
- VENKATARAMAN A. [1984]. Development of organic matter-based agricultural systems in South Asia. *In: Organic matter and rice*. The International Rice Research Institute, Los Baños, Philippines, 57-70.
- WEN QI-XIAO [1984]. Utilization of organic materials in rice production in China. *In: Organic matter and rice*. The International Rice Research Institute, Los Baños, Philippines, 45-56.

TOME 20, n^{os} 3/4 (pt. 2)

1985

BULLETIN
DES
RECHERCHES AGRONOMIQUES
DE
GEMBOUX



FACULTE DES SCIENCES AGRONOMIQUES DE L'ETAT
GEMBOUX — BELGIQUE

FACULTE DES SCIENCES AGRONOMIQUES DE L'ETAT

GEMBLOUX (BELGIQUE)

125e ANNIVERSAIRE

COLLOQUE INTERNATIONAL

**DEVELOPPEMENT AGRICOLE ET CONSERVATION
DU PATRIMOINE NATUREL DANS
LES PAYS DU TIERS-MONDE**

9-11 octobre 1985

Seconde partie: Thèmes III, IV et V

Sous le haut patronage:

- *de la Commission des Communautés Européennes (C.E.E.)*
- *de l'Administration Générale de la Coopération au Développement (A.G.C.D.)*
- *de la Fondation Roi Baudouin (F.R.B.)*

st convenu des règles

orale, en des sites à
ilier), sous réserve de
nitants de l'intensifi-
ion d'espèces végéta-
tien à long terme de

nes à faible potentia-

tre croissance démo-

ptée aux régions con-

matiques non maîtri-
ptionnels des risques
ques.

SOMMAIRE

COLLOQUE INTERNATIONAL

DEVELOPPEMENT AGRICOLE ET CONSERVATION DU PATRIMOINE NATUREL DANS LES PAYS DU TIERS-MONDE

Avant-Propos.....	295
Comité organisateur	297
Liste des Participants.....	299
Allocution de bienvenue par A. LEDENT, Recteur	311
Exposé introductif par J. BRASSINE.....	315

Thème I

DESERTIFICATION

Président : D. HOUNKONNOU

Secrétaire : B. SCHIFFERS

CONFERENCE D'INTRODUCTION

HECQ J. — Désertification et développement : évolution, perspectives, remèdes.....	323
---	-----

ETUDES DE CAS

SCHUL J.J. — Amélioration de parcours en Tunisie	339
PEYRE DE FABREGUES B. — Conséquence de la sécheresse dans le domaine pastoral de la République du Niger	345
DIAKITE N. — Organisation des populations et gestion des terroirs pas- toraux comme approche aux problèmes de désertification, cas de systèmes pastoraux liés au Delta intérieur du Niger.....	357

COMMUNICATIONS ECRITES

AGBOGBA C. et DOYEN A. — Etude de la végétation ligneuse et subligneuse et du peuplement de termites dans la région sahélienne du lac de Guiers, République du Sénégal	369
DEPRET P., BULDGEN A., MATHIEU L. et COMPERE R. — L'approche morpho-pédo-phytosociologique comme base de reconnaissance des milieux: application à la cartographie de la zone d'influence pastorale du forage de Bakomaka (Nord-Ouallam — République du Niger).....	383
GAYE M. et KHOUMA M. — Sécheresse, climat et reboisement dans les pays membres de l'O.M.V.G. Organisation pour la mise en valeur du fleuve Gambie.....	405
HANAN A. — Contribution à la protection de la nature dans les vallées du Souss — Agadir — Maroc	419
HARDOUIN J. — Le développement rural, la biosphère et l'homme ...	423
KALOGA B., PEREIRA-BARRETO S. et KHOUMA M. — L'inventaire et l'évaluation des ressources en sols comme éléments de base dans toute stratégie de développement agricole et de lutte contre la désertification.....	429
MAUDOUX E. et MATHIEU L. — Utilisation raisonnée des techniques de (re)boisement dans la lutte contre l'érosion, la désertification aux îles du Cap Vert: présentation des résultats de sept années de campagne	437
MORTELMANS J. — Trypanosomiasse animale: calamité ou mal nécessaire en Afrique.....	469
REIZER C. — Sahel — Désespérance, Sahel — Espérance.....	475
SYNTHESE.....	499

Thème II

DEGRADATION DES MILIEUX ET DES SOLS

Présidente: Mme R.V. RAHARINOSY

Secrétaire: L. BOCK

CONFERENCE D'INTRODUCTION

ROOSE E. — Dégradation des terres et développement en Afrique de l'Ouest.....	505
---	-----

ETUDES DE CAS

BELLATRECHE A. — Dégradation des sols et des milieux. Litho-faciès et érosion dans le bassin de Médéa.....	539
BERTRAND R., KILIAN J., RAUNET M., GUILLOBEZ S. et BOURGEON G. — La connaissance des systèmes de paysages naturels, un préalable à la protection du milieu. L'approche morphopédologique....	545
EGLI A. — La conservation des sols à l'aide des méthodes agroforestières: le cas du Rwanda.....	561
LEQUEUX P. — Les technologies appropriées pour économiser les combustibles ligneux. 1. Problématique «bois de feu».....	589
CARRE J. — Les technologies appropriées pour économiser les combustibles ligneux. 2. Recherche des remèdes	597
RAKOTOMANANA J.L. — Deux cas d'évolution des milieux à Madagascar.....	605

COMMUNICATIONS ECRITES

DIMANCHE P. — La quantification de la dégradation des sols forestiers en Tunisie.....	621
HIZEM H. — Erosion hydrique en Tunisie et aménagement intégré des bassins versants	627
MATUNGULU K.M. — Note sur quelques essais et réalisations concernant l'érosion des sols au Kivu (Zaire)	639
PUJOS A. — Des dangers d'intervenir sans prudence pour la défense de l'environnement et l'amélioration des patrimoines	659
RIVAS A., BULDGEN A. et COMPERE R. — Répercussion des mesures de protection prises en faveur de la vigogne sur l'évolution de la steppe andine (Réserve naturelle de Pampa Galéras, Pérou)	663
VANOVERSTRAETEN M. et VAN GYSEL J. — Productions végétales en relation avec les milieux morphopédologiques dans le Parc National des Virunga (Zaire Oriental).....	675

SYNTHESE.....	681
---------------	-----

Thème III

AMENAGEMENTS HYDROAGRIQUES

Président: O. LAHLOU

Secrétaire: D. XANTHOULIS

CONFERENCE D'INTRODUCTION

- LEFEBVRE G. — Les types d'aménagements hydroagricoles. Opportunités et possibilités 687

ETUDES DE CAS

- MOHAMMEDEN BABA O.A. — Les aménagements hydroagricoles sur le fleuve Sénégal. L'exemple du périmètre pilote du Gorgol en Mauritanie 701
- PIRE B. — Présentation d'un projet. La microhydraulique à Madagascar 709
- GADELLE F. — La culture de submersion contrôlée. Expérience malienne 719
- CORTIN A. et BAUDY C. — Modèle d'analyse prospective de l'agriculture pluviale au Niger. Modèle élaboré dans le cadre de l'étude du Plan National de Développement des Ressources en Eau 743
- LAHLOU O. — L'irrigation au Maroc. Cas de la première tranche d'irrigation dans le périmètre du Gharb 755
- SYNTHESE 785

Thème IV

INTENSIFICATION, FERTILISATION, SYSTEMES DE CULTURE

Président: B. KIES

Secrétaire: J.P. BAUDOIN

CONFERENCE D'INTRODUCTION

- DESCHUYTENER G. — L'intensification agricole dans les pays en voie de développement 789

ETUDES DE CAS

- COURSIER C. et BRAUN H. — Rôle des engrais dans le développement agricole 799
- RENAULT P.E. — Développement de l'utilisation des phosphates naturels en République du Mali 819
- SIRJACOBS M. — L'intensification de l'agriculture en région aride par les cultures sous abris 825
- RINAUDO G. et MOUDIONGHI A. — Fixation d'azote par *Sesbania rostrata*: son utilisation comme engrais vert 833
- LOUPPE D. — Intensification de la production forestière par la fertilisation (exemple de Madagascar) 851
- BAUMER M. — Agroforesterie, développement agricole et conservation du patrimoine naturel 867

COMMUNICATIONS ECRITES

- EKLU-NATEY A.T. et KOUBLENDU A. — Intensification agricole 869
- MOREAU J.M. — Intensification de l'agriculture. Contraintes et perspectives dans la zone cotonnière du Haut-Zaïre 879
- OPDECAMP L. et LAUDELOUT H. — Mise au point d'une agrotechnologie à minimum d'intrants pour remédier à la toxicité aluminique des hautes terres du Burundi 887
- NEURAY G. et HENRARD G. — Utilisation de techniques hydroponiques pour l'épuration sanitaire et la valorisation des eaux usées, chargées de matières organiques 895
- ZEREN Y. et OZCAN M.T. — La mécanisation de la lentille en Turquie. Comparaison technique et économique des systèmes de la mécanisation de la lentille 897
- ROUSSEAU C., DESTORDEUR M., DEBATTY J.P. et THONART P. — Culture d'une souche axénique de *Dunaliella tertiolecta* dans deux types de réacteurs 903

- SYNTHESE 911

