

F0000281

FTS40020
1070
X080

DOC
—

IRA (TUNISIE)
ISRA/DRPF (SENEGAL)
UNIVERSITE DE TUSCIA (ITALIE)
CEFE/CRNS L. EMBERGER (FRANCE)
ORSTOM (TUNISIE & SENEGAL)

CONTRAT

TS3 *CT92 - 0047

REHABILITATION DES TERRES DEGRADEES AU NORD ET AU SUD DU
SAHARA. UTILISATION DE LEGUMINEUSES PERENNES ET DES
MICRO-ORGANISMES ASSOCIES POUR L'ETABLISSEMENT DES
FORMATIONS PLURISTRATES

RAPPORT PREMIERE ANNEE
(Septembre 1992 - Septembre 1993)

AVANT-PROPOS

Ce rapport scientifique de la première année d'exécution du contrat TS3 * CT092 ■ 0047 a été rédigé à partir des informations recueillies auprès des équipes suivantes :

ECOLOGIE/ECOPHYSIOLOGIE

M. Zaafour (IRA, Tunisie)
 MM. Pontannier & Sayol (ORSTOM, Tunisie)
 MM. Le Floc'h, Berger, Aronson (CEFE L. Emberger, France)
 MM. Grouzis, Rocheteau, Diouf, Diedhiou (ORSTOM, Dakar)
 M. Ndiaye (ISRA, Sénégal)

FORESTERIE/ SYSTEMES DE PRODUCTION

MM. Dione, Diop, Ndiaye (ISRA, Sénégal)

MICROBIOLOGIE

M. Jeder (IRA, Tunisie)
 MM. Grego, Cacciari, Badalucco, Fabrizio de Cesare, Quatrini, Vettriano, Moscatelli (Universite de Viterbo, Italie)
 M. Diagne (ISRA, Sénégal)
 MM. Dreyfus, Neyra, De Lajudie (ORSTOM, Dakar)
 M. Warembourg (CEFE L. Emberger, France)

PHYSIOLOGIE

M. Danthu (ISRA/CIRAD)
 M. Colonna (ORSTOM, Dakar)

Le lecteur est par ailleurs invité à se référer au rapport d'avancement du projet rédigé en mars 1993, car ce texte ne reprend pas le détail des travaux et activités qui y ont été présentés (GROUZIS, 1993).

M. GROUZIS
 Coordinateur Scientifique

PARTIE SCIENTIFIQUE

I. ANALYSE DE LA DIVERSITE

1. Introduction à la connaissance des légumineuses du Sénégal

On se propose d'établir la liste complète des Légumineuses du Sénégal et de déterminer les proportions des espèces: autochtones, allochtones, spontanées et non spontanées. Les Légumineuses spontanées sont ensuite classées en fonction des unités taxinomiques (sous-familles, genre), des types biologiques et des zones écologiques. Enfin, la répartition des Légumineuses spontanées selon les types biologiques par zone écologique est déterminée.

1.1- Méthodologie

Nous avons utilisé les flores illustrées de BERHAUT(1975 et 1976) comme principale source de données, en particulier pour l'établissement de la liste complète des Légumineuses du Sénégal. Toutefois d'autres documents ont été consultés pour:

- vérifier la synonymie au niveau des espèces et des genres (LEBRUN et STORK, 1992);
- établir les listes des espèces spontanées et non spontanées (LEBRUN, 1973);
- préciser la classification des Légumineuses en fonction d'une part des types biologiques (HUTCHINSON et DALZIEL, 1958) et d'autre part des zones écologiques (GEERLING, 1982; MAYDELL, 1983).

Espèces autochtones/espèces allochtones

Nous nous référons à MORAT, (1973) qui considère l'arrivée de l'Homme dans une aire géographique donnée comme le principal critère de distinction entre les espèces autochtones et allochtones. Ainsi les espèces autochtones sont représentées par tous les taxons qui à l'état actuel des connaissances n'ont pas été introduites au Sénégal par l'Homme (espèces locales). Par opposition tous les taxons amenés au Sénégal par l'Homme sont considérés comme allochtones ou introduites.

Espèces spontanées et non spontanées

Les espèces spontanées regroupent d'une part les autochtones et d'autre part les allochtones qui se sont naturalisées, c'est-à-dire qui se propagent naturellement. En revanche les espèces non spontanées sont constituées par les allochtones qui ne se sont pas encore naturalisées.

Types biologiques

Les systèmes de classification des types biologiques (METRO, 1975) sont nombreux. Toutefois la classification de RAUNKIAER reste la plus utilisée. Elle est claire, d'une application simple et sa grande valeur écologique pour les climats à saison défavorable sèche est reconnue par de nombreux auteurs (EMBERGER, 1971; MORAT, 1973; GROUZIS, 1992). La classification de RAUNKIAER est basée sur la position des bourgeons de renouvellement pendant la saison défavorable.

On distingue :

- les phanérophytes dont les bourgeons sont situés à plus de 25cm du sol. Ils ont été subdivisés en nanophanérophytes (taille comprise entre 25cm et 2m) et en phanérophytes strictes (taille supérieure à 2m);
- les chaméphytes dont les bourgeons de renouvellement sont à moins de 25cm du sol;
- les hémicryptophytes dont les bourgeons de renouvellement sont au ras du sol et enfouis dans la litière;

- les cryptophytes dont les bourgeons de renouvellement sont immergés dans l'eau (hydrophytes) ou enfouis dans le sol (géophytes);
- les thérophytes qui sont les plantes qui passent la saison défavorable sous forme de graine.

Zones écologiques

De nombreux travaux ont été consacrés à la zonation écologique de l'Afrique occidentale (CHEVALIER, 1911, 1938; AUBREVILLE, 1938, 1949; TROCHAIN, 1940; in ANONYME, 1985; LE HOUEROU, 1989). On retiendra la classification de LE HOUEROU qui a établi 6 zones écologiques pour l'Afrique occidentale, définies à partir du climat, de la flore, de la végétation, de la faune sauvage, du bétail et des modes d'utilisation des sols.

Dans les zones arides et semi-arides nous concernant nous avons retenu 4 zones écologiques :

- la zone sahélienne (200 à 600mm);
- la zone soudanienne (600 à 1200 mm);
- la zone guinéenne (plus de 1200 mm).
- la quatrième zone écologique est celle des Niayes. Elle est surtout marquée par des conditions édapho-climatiques locales particulières (TROCHAIN, 1940).

1.2. Résultats

Au Sénégal la famille des Légumineuses compte 330 espèces réparties en 94 genres, ce qui représente 16 % des espèces et 11 % des genres de la Flore du Sénégal. On distingue :

- 271 espèces autochtones réparties en 75 genres ,
- 59 espèces allochtones réparties en 40 genres,
- 281 espèces spontanées réparties en 76 genres,
- 49 espèces non spontanées réparties en 32 genres

Parmi les 76 genres qui renferment l'ensemble des espèces spontanées 40 sont monospécifiques, 21 sont multispécifiques et 15 sont bispécifiques.

Chez les Légumineuses spontanées les genres les mieux représentés sont, dans la sous-famille des *Caesalpinioaceae* le genre *Casais*(10 espèces), dans la sous famille des *Mimosaceae* les genres *Acacia*(10 espèces), *Albizia*(6 espèces) et *Entada*(4 espèces) et dans la sous famille des *Fabaceae* les genres *Indigofera* (43 espèces), *Crotalaria* (31 espèces), *Tephrosia* (18 espèces), *Vigna* (14 espèces), *Desmodium* (12 espèces), *Aeschynomene* (10 espèces) et *Dalbergia* (9 espèces)

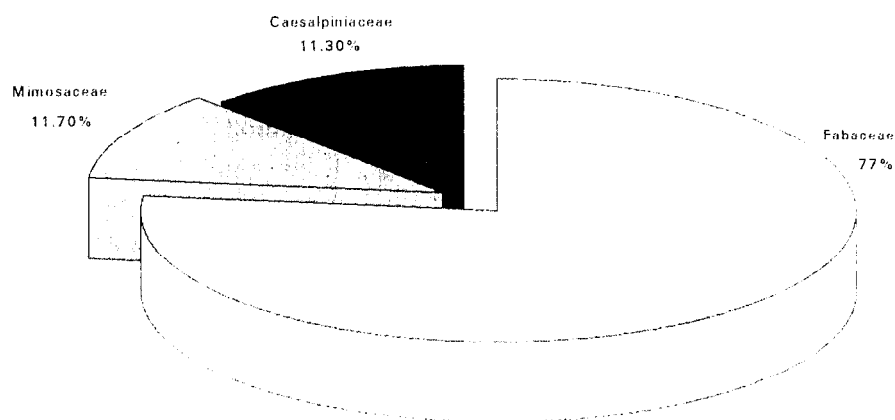


Figure 1 .- Répartition des légumineuses spontanées selon les sous-familles

Les *Fabaceae* qui renferment près de 77 % des espèces spontanées dominent largement les *Caesalpinaceae* et les *Mimosaceae* (Figure 1).

Les types biologiques dominants chez les Légumineuses spontanées sont les phanérophytes avec 91 espèces et les thérophytes avec 116 espèces (Figure 2).

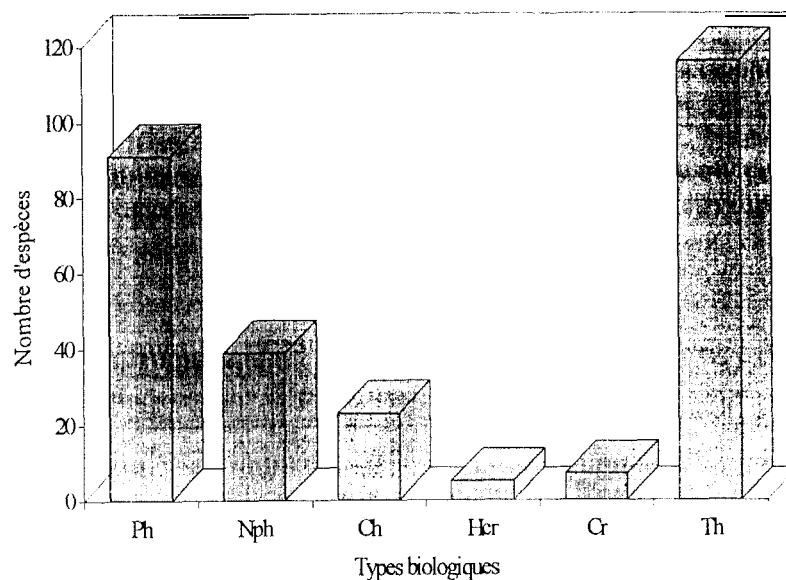


Figure 2.- Répartition des légumineuses en fonction des types biologiques

Les Légumineuses spontanées sont mieux représentées en zone Soudanienne(38%) et guinéenne (35%), qu'en zones sahéliennes (20% des espèces) ; elles sont plus rares dans les niayes (7% ,Figure 3).

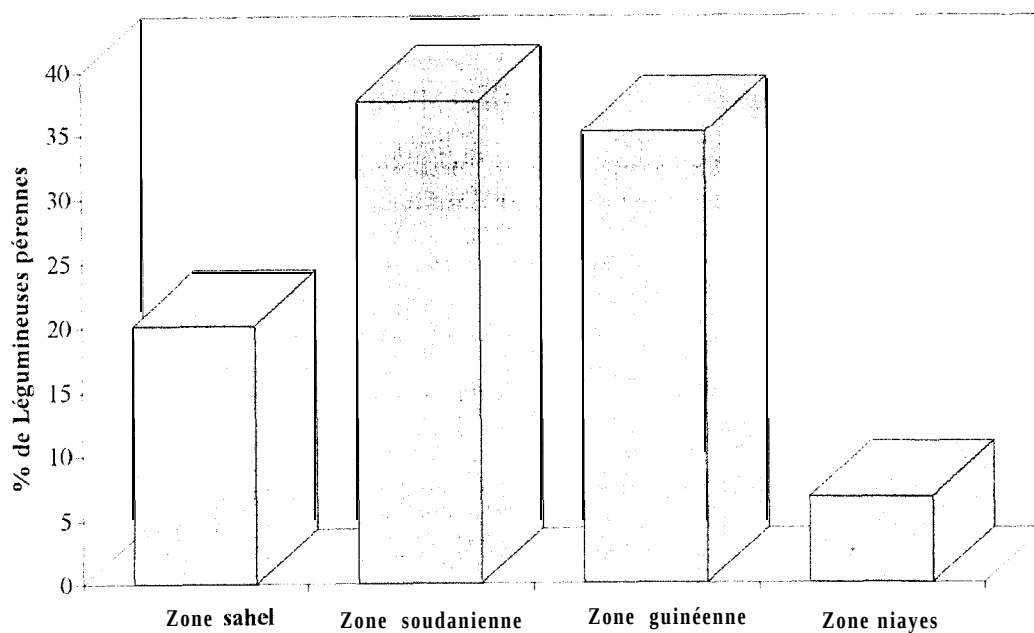


Figure 3 .- Répartition écologique des légumineuses

La figure 4 représente la répartition des différents types biologiques en fonction des zones écologiques.

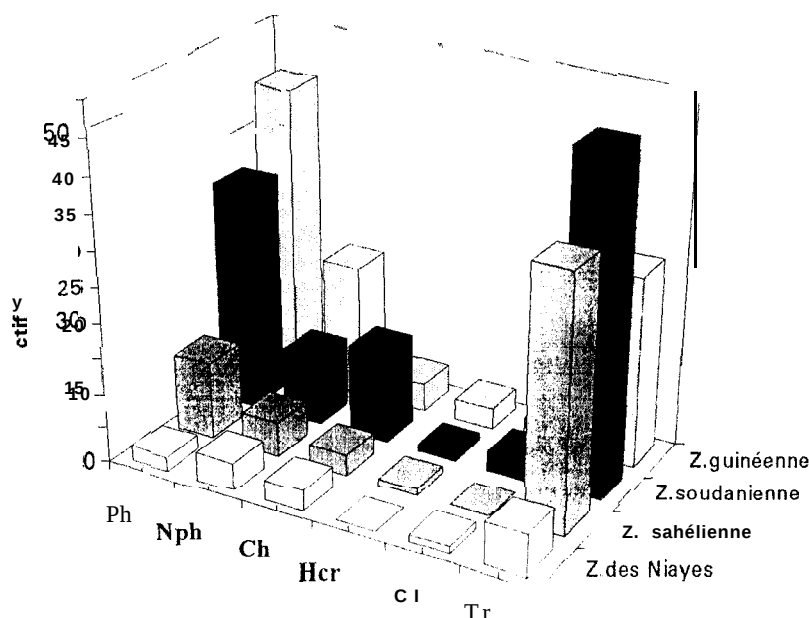


Figure 4.- Répartition écologique des types biologiques

.Il en ressort que:

- les thérophytes sont largement dominants en zone sahélienne,
- les phanérophytes et les thérophytes sont également représentés dans la zone soudanaïenne,
- les phanérophytes constituent de loin le type biologique le mieux représenté en zone guinéenne.

Ces caractéristiques montrent bien l'adaptation des taxons au milieu écologique : le type thérophyte en zone sèche permet à la plante de passer la mauvaise saison sous forme de vie ralentie (arido-passive) ; en milieu plus favorable ce sont les phanérophytes, donc les espèces qui conservent leurs organes photosynthétiques qui sont les mieux représentées.

Notons enfin que parmi les 281 espèces spontanées on compte 165 pérennes dont 20 appartiennent à la zone sahélienne (12% des espèces). La liste de ces espèces est donnée en Annexe 1.

2. Place des légumineuses dans les systèmes écologiques

2.1. Approche écologique

Objectif

L'objectif est de déterminer dans les différents systèmes écologiques des zones arides et semi-arides du Sénégal l'importance des légumineuses en termes structuraux (composition floristique) et fonctionnels (densité, biomasse).

Echantillonnage

Afin de cerner le maximum de variabilité du pays, dix sites ont été sélectionnés sur la base de :

Carte 1

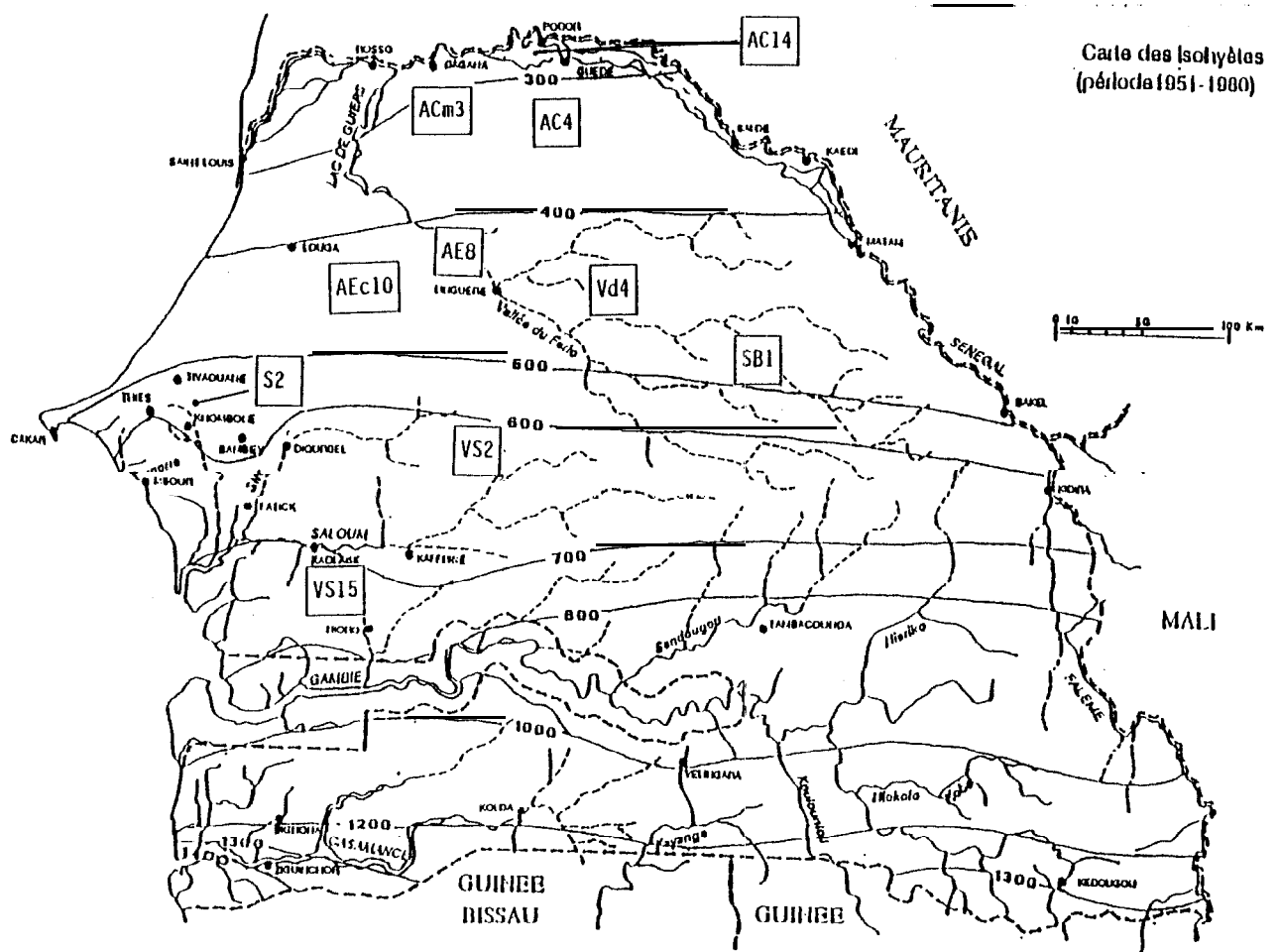




PLANCHE 2

NDIAOUARA

SOUILENE



FETE OLE
(Sommet)

• la carte des isohyètes du Sénégal (nouvelle norme O. M . M., période 195 1- 1980 (Anonyme, 1992).

la carte du couvert végétal du Sénégal au 1:500.000 (Anonyme, 1985);

Cette carte présente les grands types de végétation à l'échelle nationale à partir de la physionomie de la végétation. Les formations végétales sont subdivisées d'abord en classes de paysage puis en unités de végétation définies respectivement selon des critères géomorphologiques et floristiques (espèces dominantes ou caractéristiques). Cette carte présente l'avantage de couvrir la totalité du Sénégal et de Gambie à une petite échelle.

Les 10 sites ont été sélectionnés dans les formations végétales les plus représentées sur l'ensemble du pays, en tenant compte :

- du gradient climatique nord/sud;
- du gradient de continentalité ouest/est;
- de la facilité logistique que présentent les sites pour la réalisation des observations.

La carte 1 donne la répartition de ces sites et le tableau 1 rassemble leurs caractéristiques écologiques.

Tableau 1.- Caractéristiques des stations d'évaluation de la place des légumineuses pérennes dans les systèmes écologiques au Sénégal

STATION	Coordonnées	Pluviométrie	Type de Sol	Végétation (Cycle 1993)	Utilisation
Ndiaouara AC14	16°35' N 14° 51' 0	< 300 mm ⁽¹⁾ (< 200 mm) ⁽²⁾	Sols vertiques et hydromorphes	<i>Acacia nilotica</i> var <i>tomentosa</i> , <i>Indigofera ohlongifolia</i> associées à <i>Echinochloa colona</i> , <i>Panicum laetum</i> et <i>Eragrostis pilosa</i>	Parcours
Souilène ACm3	16°21' N 15°24' 0	300 - 400 mm (< 200 mm)	Sols ferrugineux tropicaux peu lessivés et sols bruns intergrades	<i>Acacia tortilis</i> subsp <i>raddiana</i> , <i>Salanites aegyptiaca</i> et <i>Boscia senegalensis</i> associées à <i>Chloris prieurii</i> , <i>Eragrostis pilosa</i> et <i>Indigo era senegalensis</i>	Parcours
Fété Olé AC4	16°14' N 15°07' 0	300 - 400 mm (< 200 mm)	Sols bruns rouges sub-arides dégradés et Sols ferrugineux tropicaux lessivés sur sables limoneux	<i>Balanites aegyptiaca</i> , <i>Boscia senegalensis</i> , <i>Grewia hicolor</i> et <i>Guiera senegalensis</i> associées à <i>Aristida mutabilis</i> , <i>Schoenefeldia gracilis</i> , <i>Eragrostis pilosa</i> , <i>Panicum laetum</i> et <i>Indigo era senegalensis</i>	Parcours
Dahra (Rotto) AE8	15°24' N. 15°23' 0	400 - 600 mm (< 400 mm)	Sols ferrugineux tropicaux non ou peu lessivés ± drainés	<i>Acacia senegal</i> et <i>Balanites aegyptiaca</i> associées à <i>Dactyloctenium aegyptium</i> , <i>Chloris prieurii</i> , <i>Eragrostis pilosa</i> et <i>Tephrosia purpurea</i>	Parcours
Boula1 AEc10	15°25' N 15°39' 0	400 - 600 mm (< 400 mm)	Sols ferrugineux tropicaux non ou peu lessivés ± drainés	<i>Salanites aegyptiaca</i> et <i>Acacia tortilis</i> subsp <i>raddiana</i> associées à <i>Eragrostis pilosa</i> , <i>Dactyloctenium aegyptium</i> et <i>A lysicarpus ovali folius</i>	Parcours
Boula1 AEc10	15°25' N 15°39' 0	400 - 600 mm (< 400 mm)	Sols ferrugineux tropicaux non ou peu lessivés + drainés	<i>Acacia tortilis subsp raddiana</i>	Parc agroforestier
Linguère + 80 km VD4	15°13' N 14°29' 0	400 - 600 mm (< 400 mm)	Sols ferrugineux tropicaux non ou peu lessivés sur colluvions	<i>Pterocarpus lucens</i> , <i>Guiera senegalensis</i> associées à <i>Zornia glochidiata</i> , <i>Andropogon pseudapricus</i> , <i>Schoenefeldia gracilis</i> et <i>Pennisetum pedicellatum</i>	Parcours
Khombole s2	14°46' N 16°41' 0	500 - 600 mm (< 500 mm)	Sols ferrugineux tropicaux non ou peu lessivés	<i>Faidherbia albida</i> et <i>Adansonia digitata</i>	Parc agroforestier

Doli vs2	14°39' N 15°05' 0	600 ■ 700 mm (<500 mm)	Sols ferrugineux tropicaux faiblement lessivés, moins bien drainés	<i>Guiera senegalensis</i> , <i>Combretum glutinosum</i> et <i>Sterculia setigera</i> associées à <i>Zornia glochidiata</i> , <i>Schoenefeldia gracilis</i> , <i>Aristida mutabilis</i> et <i>Andropogon pseudapricus</i>	Parc agroforestier
Sonkonrong vs15	13°55' N 15°25' 0	700 ■ 800 mm (<800 mm)	Lithosols sur cuirasses	<i>Combretum nigricans</i> , <i>Combretum glutinosum</i> , <i>Guiera senegalensis</i> et <i>Acacia macrostachya</i> associées à <i>Indigofera pilosa</i> , <i>Elionorus elegans</i> et <i>Pennisetum pedicellatum</i>	Parcours
Sonkonrong VS15	13°55' N 15°25' 0	700 ■ 800 mm (<800 mm)	Lithosols sur cuirasses	<i>Cordyla pinnata</i> et <i>Pterocarpus erinaceus</i>	Parc agrofores- tier

(1) : Période 1951 - 1980 ; (2) Période 1980 - 1989

Méthodes

Dans chaque site, la liste exhaustive des espèces herbacées a été établie.

La liste floristique des espèces ligneuses et leur densité ont été établies à partir de 4 à 6 échantillons de forme variable (carré, cercle) en fonction de la structure de la végétation. (Tableau 2)

Tableau 2. Forme et taille de l'échantillonnage pour l'inventaire des ligneux

Stations	Ndiaouara	Souilène	Fété Olé	Dahra- Rotto	Boula1 Parcours	Linguère + 80	Doli	Sonkon rong	Boula1 Parc	Khombole Parc	Sonkon rong Parc
Echant.	5 éch. de 30X30 m ² carré	8 éch. de 1/4 ha cercle	8 éch. de 50x50 m ²	6 éch. de 1/2 ha cercle	8 éch. de 1/2 ha cercle	6 éch. de 30 x30 m ²	6 éch. de 30 x30 m ²	5 éch. de 30 x30 m ²	5 éch. de 1/2 ha cercle	5 éch. de 1/2 ha cercle	4 éch. de 1/2 ha cercle

Résultats

La figure 5 représente les variations de l'importance des petites légumineuses en fonction de la latitude, sur la base du critère présence.

La proportion des petites légumineuses varie de 11 à 30% selon les unités de végétation étudiées. Il apparaît par ailleurs que la proportion des légumineuses diminue du sud au nord, soit des zones soudaniennes (précipitations annuelles # 800 mm) aux zones sahéliennes. (Pa # 300 mm). Pour une même zone écologique, il semble y avoir un effet de la nature du sol : puisque les sols de texture sablonneuse (Rotto, Boulal) sont plus riches en petites légumineuses que les sols à texture plus fine et gravillonnaire (Linguère).

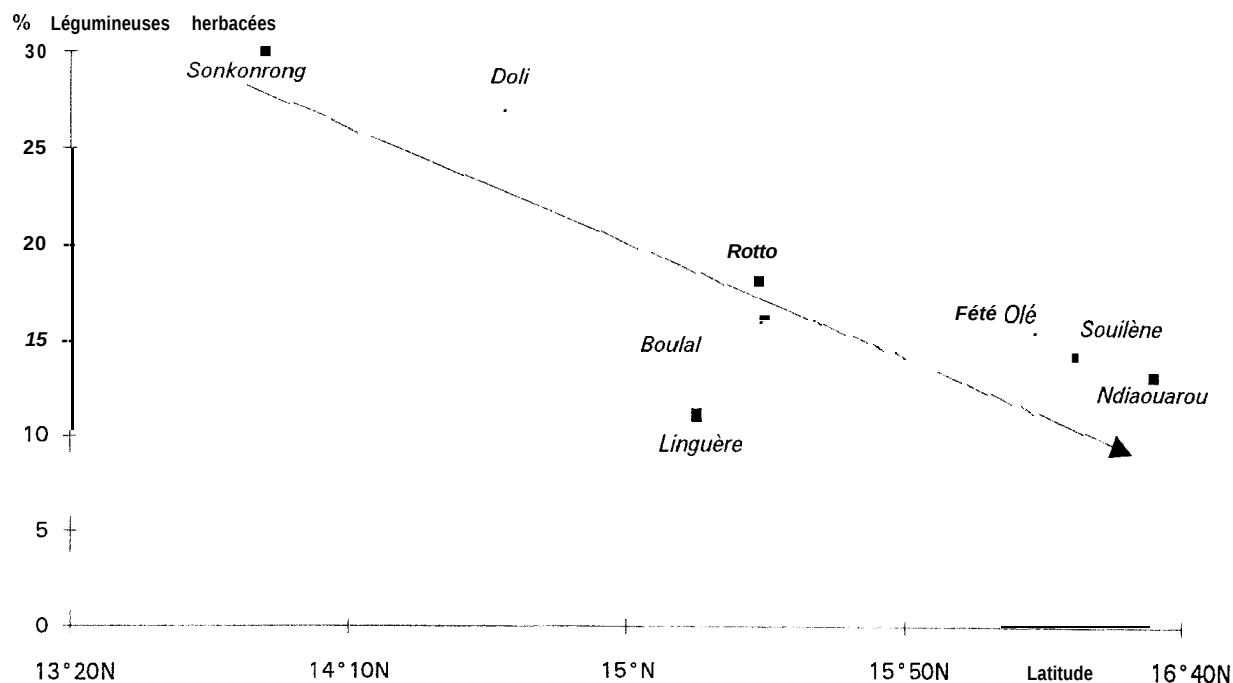


Figure 5. Importance des petites légumineuses en terme de diversité

La figure 6 donne les variations de l'importance des légumineuses ligneuses sur la base de leur présence dans les parcs agroforestiers (carrés blancs) et les formations spontanées (carrés noirs)

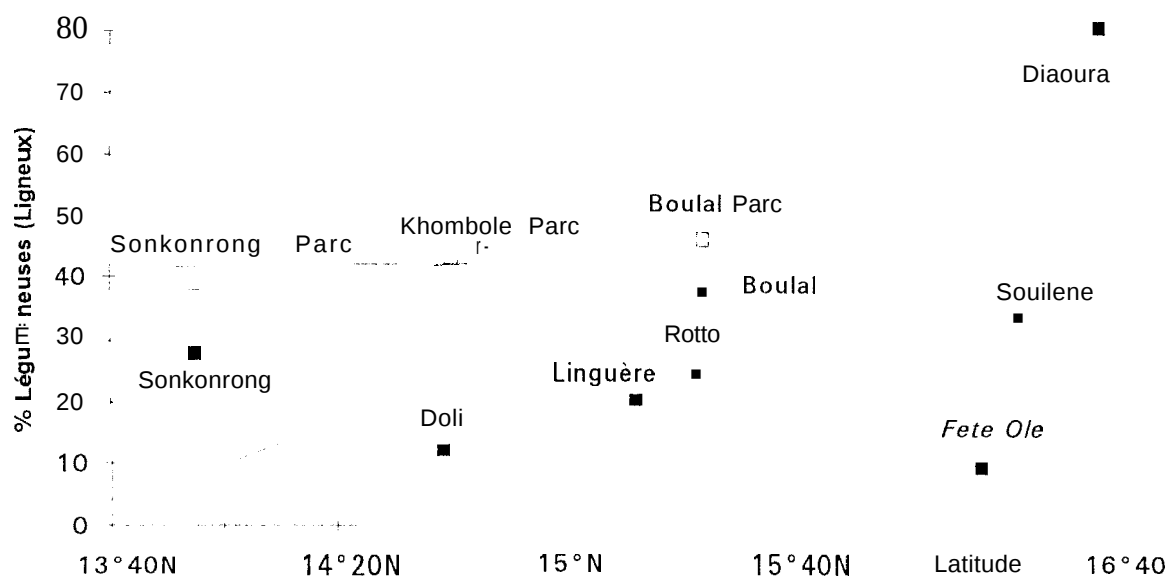


Figure 6. Importance des légumineuses ligneuses en terme de diversité

Globalement la proportion des légumineuses ligneuses varie de 9 à 80%. Lorsque l'on s'adresse aux formations spontanées, la proportion des légumineuses ligneuses augmente du sud vers le nord contrairement aux petites légumineuses. Ce résultat est à mettre en relation avec le caractère d'adaptation à l'aridité des taxons. En effet les phanérophytes sont des espèces arido-passives qui passent la saison défavorable munies d'organes photosynthétiques. Dans les zones plus sèches (Sahel) il faut réduire au maximum les surfaces évaporantes : ce sont les espèces microphylls (pour la plupart des *Mimosaceae*) qui offrent ce caractère. Dans

PLANCHE 3

**FETE OLE
(DEPRESSION)**



BOULAL



**DAHRA
(Rotto)**

les zones plus clémentes du sud, ces espèces sont remplacées par des taxons à larges feuilles appartenant notamment à la famille des *Combretaceae*. Il nous faut noter cependant la position quelque peu atypique de la station de Fété Olé, due certainement à son caractère très dégradé. Par ailleurs, la valeur obtenue pour Sonkonrong, relativement élevée compte-tenu de la zone, semble à mettre en relation avec l'anthropisation très accentuée de ce secteur. C'est une zone de jachères qui favorise l'abondance des espèces telles que : *Piliostigma reticulata*, *Cordyla pinnata*, *Pterocarpus erinaceu*, toutes des légumineuses.

Pour une même zone géographique, la proportion des légumineuses ligneuses dans les parcs agroforestiers est plus élevée que dans les formations spontanées. De plus cette proportion évolue peu avec la latitude.

Cette différence entre parcs agroforestiers et formations spontanées met en évidence le rôle essentiel de l'homme dans la gestion des ressources naturelles. En effet il va favoriser les espèces qui l'intéressent, même si le potentiel du milieu est faible.

La figure 7 donne les variations de l'importance des légumineuses ligneuses sur la base de leur densité dans les parcs agroforestiers (carrés blancs) et les formations spontanées (carrés noirs). Les grandes tendances observées sur le critère présence sont conservées :

- faible variation de la proportion des légumineuses dans les parcs agroforestiers
- accroissement du sud vers le nord de la proportion des légumineuses ligneuses dans les formations spontanées

importance du rôle de l'homme dans la sélection des espèces, surtout dans les zones sud où le potentiel est plus faible.

Il nous faut cependant noter que la proportion des légumineuses ligneuses est de 8 à 10% plus faibles lorsque le critère densité est pris en considération.

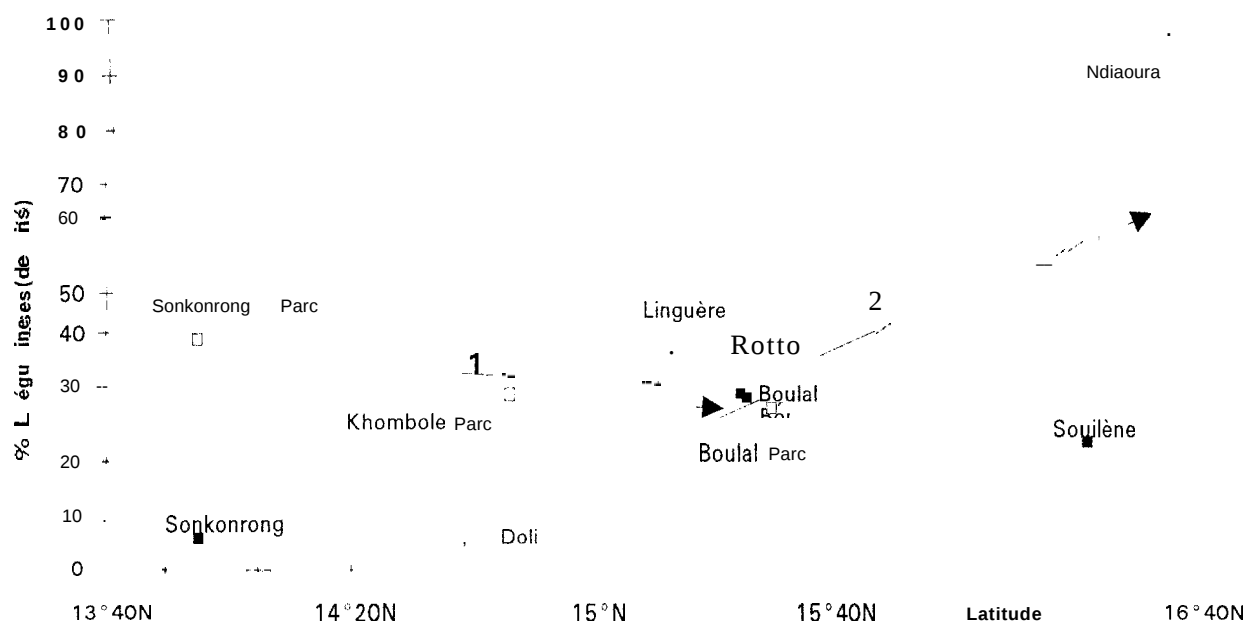


Figure 7.- Importance des légumineuses ligneuses en terme de densité

La figure 8 synthétise les variations de la proportion de l'ensemble des légumineuses sur l'unité de végétation inventorié en terme de présence.

PLANCHE 4



LINGUERE



DOLI

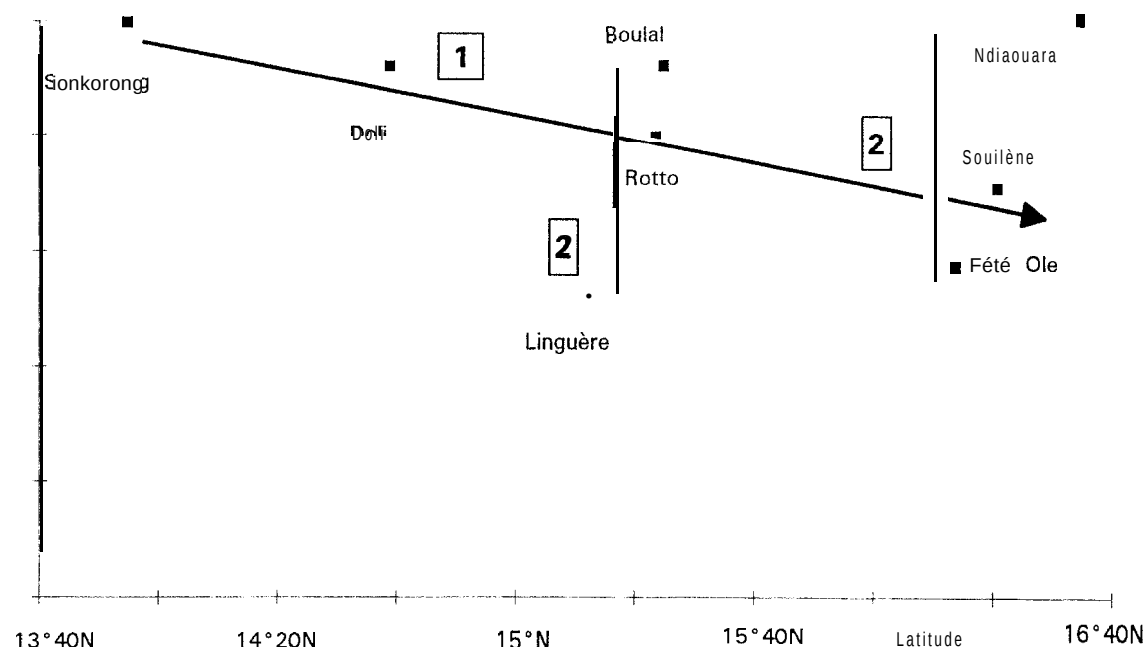


Figure 8. - Importance des légumineuses en terme de diversité (ligneux et autres)

La prise en compte de l'ensemble des légumineuses montre que leur importance tend à diminuer lorsque l'on passe des zones soudaniennes (#25%) aux zones sahéliennes (#18.6%) (tendance 1 de la figure 7). C'est donc les petites légumineuses qui impriment leur caractère à l'ensemble des taxons.

Pour une même zone géographique, on observe une certaine variabilité (tendance 2 de la figure 7) due soit à la nature du sol (Linguère/Boulal ; Souilène/Diaouara) soit au stade de dégradation avancée de certaine station inventoriée (Fété Olé notamment).

Conclusions

Les résultats sur l'importance des légumineuses en termes fonctionnels ne sont pas encore entièrement exploités. Ils seront présentés ultérieurement. Ils seront alors confrontés à ceux résultant de l'approche socio-économique.

2.2. Approche socio-économique

Objectifs

Les enquêtes socio-économiques se donnent pour buts :

- l'identification, par les villageois, des Légumineuses Pérennes (LP) présentes dans les terroirs, champs et parcours et autres domaines où s'exercent leurs activités de production, les tendances d'évolution des LP, des difficultés et des contraintes à leur exploitation ;
- la connaissance du statut des LP, des rôles qui leur sont assignés et des aspects socio-économiques importants ;
- la mise en évidence des pratiques traditionnelles et modernes en cours pour conserver ou améliorer le potentiel en LP.

Echantillonnage

Dans cette approche socio-économique la détermination des sites d'enquêtes repose sur un zonage agro-écologique.

Les principales caractéristiques des sites d'étude sont données dans le tableau 3.

Quatre systèmes de production ont été retenus pour l'étude de la place des LP : le système de cultures irriguées (Podor), le système agro-sylvo-pastoral (Boulal), le système de cultures pluviales simples (Khombol), le système de polyculture pluviale (Nioro). En outre, tous les systèmes se caractérisent aussi par la présence d'activités d'exploitation ou de cueillette.

Les activités de production pouvant impliquer les LP relèvent de :

- polyculture irriguée, élevage de case, exploitation forestière pour le système de culture irriguée,
- agro-sylvo-pastoralisme pour le système agro-sylvo-pastoral,
- agriculture, maraîchage et arboriculture et élevage de case pour le système de culture pluviale simple.
- agriculture, élevage et foresterie pour le système de polyculture pluviale.

A la phase "recherche des sites" pour les enquêtes socio-économiques, la présence de toutes ou de la majeure partie de ces activités était le critère fixé pour retenir les villages tests.

Dans chaque zone représentative, on a essayé de choisir les villages tests des enquêtes en cherchant à être le plus proche possible des sites retenus par l'équipe d'écologie.

Pour chaque site, nous avons vérifié l'existence de projet de développement en Agriculture, Foresterie ou Elevage et rassemblé les informations préliminaires existantes. Les villages suivants ont été retenus :

- | | |
|-------------------------|---|
| • zone de Podor : | Ndiawara (système irrigué) |
| • zone de Boulal-Coki : | Boula1 (système agro-sylvo-pastoral) |
| • zone de Khombole : | Diokoul (système culture pluviale simple) |
| • zone de Nioro : | Thyssé-Kaymor (système polyculture pluviale). |

Méthodologie

Les enquêtes ont été menées au niveau des terroirs villageois et ensuite au niveau des exploitations. L'enquête terroir est du type exploratoire et devait servir à préparer l'enquête exploitation en identifiant la typologie des exploitations ou les différents groupes socio-économiques utilisant les LP.

Tableau 3. - Principales caractéristiques des zones étudiées

ZONES	PODOR	BOULAI, • COKI	KHOMBOLE	NIORO
Région administrative	Saint-Louis	Louga	Thiès	Kaolack
Climat	Sahélien	Sub-sahélien	Soudano-sahélien	Soudanien
Isohyètes(1951-1960)	300 mm	400 mm	600 mm	750 mm
Zonage agro-écologique	Vallée du Fleuve Sénégal	Zone sylvopastorale	Centre nord du Bassin arachidier	Sud du Bassin arachidier
Systèmes de production	. Polyculture irriguée (riz, cultures maraichères, culture de décrue de sorgho) ; . Elevage de case de petits ruminants et bovins (utilisation des bourgouttières) ; . Exploitation des forêts de gonakiés	Agro-sylvo-pastoralisme : . Culture de mil, arachide, niébé . Elevage extensif de petits ruminants et bovins ; . Exploitation et cueillette forestières	. Agriculture dominante avec rotation arachide/mil et céréales intercalées ; . Maraîchage et Arboriculture fruitières ; . Elevage de case de petits ruminants, début de sédentarisation pour les bovins	. Polyculture avec dominance de la rotation arachide/mil, cultures de coton, riz, mil, sorgho, maïs et "Sanio" ; . Elevage pastoral limité, élevage sédentaire associé à l'agriculture ; . Cueillette et exploitation forestières.
Végétation	Pseudo-steppes arbustives	Pseudo-steppes arbustives et arborées de zones cultivées	Savanes arborées de zones cultivées	Savanes arborées et arbustives sur plateaux. Surfaces pénéplanées et zones de cultures

L'enquête terroir a utilisé la méthode dite **Rapid Rural Apraisal** (RRA) qui, grâce à son approche spécifique et systématique, permet d'aboutir à des inférences, des évaluations et aussi des informations en un laps de temps relativement court. Elle permet en outre de combler les lacunes découlant de la tendance à ignorer les aspects socio-économiques et anthropiques ou l'impact des sociétés sur l'environnement.

Les méthodes spécifiques utilisées sont :

- la constitution d'une équipe pluridisciplinaire avec trois spécialistes : élevage, foresterie, agro-écologie ;
- la revue des données secondaires : rapport étude concernant la zone étudiée : monographie des CERP (Centre d'Expansion Rurale Polyvalente), carnet de vaccination des postes vétérinaires, recensement démographique des communautés rurales à partir des secrétariats des dites communautés ;
- l'utilisation d'informateurs clés et de personnes ressources : responsables des agents techniques locaux ; (vétérinaires, enseignants, forestiers etc), de conseil rural, de personnes désignées par les villageois en raison de leur compétence particulière ou de leur position, etc ;
- le recours aux interviews semi-structurées de groupes ou d'individus : dans ce cas, un guide d'enquête a été conçu, il a la particularité d'être court et de maniement souple. La conduite de l'entretien est relaxe sans ordre rigide préfixé, mais on s'arrange pour épuiser tous les points prévus dans le guide (Annexe 2) ;
- le recours à la triangulation : celle-ci consiste à voir tous les problèmes concernant les LP du point de vue des disciplines qui les abordent : agriculture, élevage, foresterie. Ce qui permet aux membres de l'équipe pluridisciplinaire de bien se localiser sur chaque problème posé par les LP sous l'angle spécifique des disciplines tout en recherchant une convergence de vue ;
- enfin avec les informateurs clés et les personnes ressources, nous avons les méthodes de classement par ordre de préférence et de classement par paire pour savoir les espèces préférées par les villageois ou leur degré d'importance économique.

Résultats

Les enquêtes socio-économiques au niveau terroir ont été conduites dans trois des quatre zones initialement prévues. Chaque zone a fait l'objet de rapports sectoriels ; nous en présentons ici la synthèse. Les enquêtes au niveau des exploitations sont en cours et les résultats sont attendus pour le mois de novembre. Les résultats au niveau des terroirs couvrent les aspects suivants qui seront successivement abordés ci-après :

- caractéristiques démographiques et socio-économiques des terroirs,
- les LP dans la végétation des terroirs ;
- les principales utilisations des LP ;
- évaluation des tendances évolutives des LP.

Caractéristiques générales des terroirs

Le tableau 4 résume les caractéristiques des terroirs étudiés.

Il apparaît que la zone de Khombole connaît la plus forte densité humaine (240 habitant/km²) et doit faire face à une intense dégradation de sol et de la végétation. La zone de Boulal, bien que peu densément peuplée (15 habitants/km²), subit d'importants effets de la désertification à cause des effectifs de bovins et petits ruminants très élevés (6 000 têtes de bovins, 12 000 têtes de petits ruminants).

Recensement des LP par les villageois

PLACE DES LP DANS LA VEGETATION

Les listes exhaustives des plantes pérennes et des lexiques nom scientifique et nom local (pular ou ouolof) sont insérées dans les trois rapports sectoriels des trois sites d'études

Le nombre total de plantes pérennes est respectivement de 24, 40 et 42 pour les sites de Ndiawara, Boulal et Diokoul. Le nombre d'espèces de LP est respectivement de 14, 20 et 13. Pour les trois sites confondus, le nombre total d'espèces de LP présentes est de 25 sur 42 espèces de plantes pérennes.

Par rapport au nombre total d'espèces recensées par les villageois, la proportion des LP dans la végétation des terroirs est plus élevée dans le système agro-sylvo-pastoral où elle atteint 50 % que dans le système de culture irrigué (48.3 %) et enfin le système de culture pluviale simple (30.2 %).

C'est donc apparemment dans le système de production le plus riche en composantes (agriculture, sylviculture et pastoralisme) que la proportion des LP est la plus élevée. Quelle en est la cause ? Quelles en sont les conséquences quant au potentiel d'utilisation des LP pour la réhabilitation des parcours et des champs dégradés dans les différentes zones

Au niveau des différents sites, les trois familles de LP sont présentes dans les proportions suivantes

Tableau 5.- Importance (%) des LP en fonction des sous-familles

Stations	Ndiaouara	Boulal	Diokoul
<i>MIMOSACEAE</i>	31	27.5	16.7
<i>CESALPINIACEAE</i>	10.3	12.5	12
<i>FABACEAE</i>	7	10	2.5
Total	48.3	50	30.2

Il apparaît que les *Mimosaceae* sont toujours en proportion plus élevée dans les trois systèmes et surtout dans le système irrigué (31 % des espèces). L'écart entre les proportions est très élevé contrairement à celles observées dans le cas des *Cesalpiniaceae* qui est presque constante (entre 10.3 et 12.5 %). Quant aux *Fabaceae* leur proportion est plus faible dans le système de culture pluviale simple (2.5 %).

Tableau 4 : Caractéristiques démographiques et état de l'environnement dans les sites d'enquêtes socio-économiques

SITES	NDIAWARA	BOULAL	DIOKOUL
Nombre d'habitants	1 120	6 500	4 865
Densité au Km ²	140	13	240
Facteurs de la désertification	le vent, l'eau, l'homme	l'homme, le vent, les animaux	l'homme, le vent
Effets de la désertification	. Disparition des ressources pastorales et ensablement des cuvettes ; . Disparition des brise-vent naturels	. Dégradation avancée des ressources pastorales et forestières, . Contraction des ressources en eau, dégradation des sols, disparition de la culture pluviale. . Repli des hommes et des bêtes au Sud	. Chute drastique du potentiel de ressources . Destabilisation des écosystèmes, déséquilibre entre populations et ressources, . Exode rurale, émigration, carbonisation ; . Besoins monétaires en croissance.
Dégradation des sols	Par remobilisation des dunes. Présence d'ergs récents	Par déflation, surtout après la dénudation provoquée par les récoltes, le surpâturage et l'absence de tapis herbacé en année de sécheresse.	Par déflation, surtout après les récoltes de l'arachide et récolte de foin des champs par décapage brutal
Cause de la dégradation de la végétation	. Déficit pluviométrique sévère ; . Activités humaines : défrichement et aménagement hydroagricole ; . Exploitation des gonakeraies et carbonisation.	. Déficit pluviométrique sévère ; . Activités humaines liées surtout à ses animaux (6 000 têtes de bovins et 12 000 têtes de petits ruminants recensés).	. Déficit pluviométrique sévère ; . Surcharge agro-démographique ; . Urbanisation.

COMPARAISON DE L'ABONDANCE DES DIFFÉRENTES LP.

Le tableau 6 donne, pour chaque LP, le degré d'abondance évaluée par les villageois. Il montre trois situations en ce qui concerne le degré d'abondance relative des LP :

- il y a les cas où une espèce de légumineuse est nettement plus abondante que toutes les autres, c'est notamment ce qui a lieu dans le système agro-sylvo-pastoral avec *Acacia tortilis raddiana* et
- dans le système de culture pluvial simple avec *Faidherbia albida* ;
- dans le système irrigué, quatre espèces sont considérées comme dominantes : *Acacia nilotica var. nilotica* (gonakié), *Indigofera oblongifolia*, *Bauhinia rufescens* et *Acacia tortilis var. raddiana* .

C'est pourquoi, dans les deux premiers cas la végétation est du type "parc" (à *Acacia raddiana* et *Acacia albida*). Dans le système irrigué, on peut parler de "forêt-galerie" pour les gonakiés, de formation à *Indigofera oblongifolia* et de "parc mixte" à *Bauhinia* et *Acacia raddiana* .

Tableau 6.- Les espèces de LP recensées par les villageois et leur degré d'abondance.
(+ + + + très abondante + + + assez abondante + + moyennement abondante + peu présente 0 rare
• non recensée)

Espèces	Ndiawara	Boulal	Diokoul
1. <i>Indigofera oblongifolia</i>	+++	-	-
2. <i>Acacia nilotica var nilotica</i>	+++	+-	-
3. <i>Bauhinia rufescens</i>	+++	+	++
4. <i>Faidherbia albida</i>	++	++	++++
5. <i>Acacia senegal</i>	++	++	-
6. <i>Indigofera tinctoria</i>	+	-	+
7. <i>Tamarindus indica</i>	++	++	+++
8. <i>Acacia machrostachya</i>	+	0	-
9. <i>Acacia sieberiana</i>	+	+	+
10. <i>Piliostigma reticulatum</i>	+	++	-
11. <i>Acacia seyal</i>	+	++	-
12. <i>Acacia tortilis raddiana</i>	+++	+++	+
13. <i>Entada africana</i>	-	+	-
14. <i>Dalbergia melanoxylon</i>	-	0	-
15. <i>Acacia ataxacantha</i>	-	+	-
16. <i>Prosopis africana</i>	-	0	-
17. <i>Casais italica</i>	-	+	+
18. <i>Dichrostachys cinerea</i>	-	+	-
19. <i>Indigofera sp</i>	-	+	-
20. <i>Tephrosia purpurea</i>	-	++	-
21. <i>Pterocarpus lucens</i>	-	0	-
22. <i>Acacia nilotica var adansonii</i>	-	++	++
23. <i>Parkia biglobosa</i>	-	-	+
24. <i>Dichrostachys glomerata</i>	-	-	+
25. <i>Casais occidentalis</i>	-	-	++

LES PRINCIPALES UTILISATIONS DES LP

Pour chaque site, un classement des espèces de LP par ordre décroissant d'importance au point de vue de leur utilité générale a donné les résultats suivants :

Tableau 7- Ordre d'importance dans l'utilisation des légumineuses pérennes

Espèces	Ndiawara	Boulal	Diokoul
1. <i>Acacia nilotica nilotica</i>	1		
2. <i>Tamarindus indica</i>	2	8	3
3. <i>Bauhinia rufescens</i>	3	6	-
4. <i>Acacia senegal</i>	4	3	-
5. <i>Piliostigma reticulata</i>	5	7	
6. <i>Acacia sieberiana</i>	6		
7. <i>Acacia tortilis raddiana</i>	7	2	
8. <i>Acacia seyal</i>	8	4	-
9. <i>Faidherbia albida</i>	9	1	1
10. <i>Acacia machrostachya</i>	10		
11. <i>Indigofera tinctoria</i>	11	-	-
12. <i>Indigofera oblongifolia</i>	12		
<i>Acacia nilotica adansonii</i>	-	5	5
<i>Parkia biglobosa</i>			2
<i>Casais italica</i>			4
<i>Dichrostachys glomerata</i>	-		6

Le tableau 8 donne les dix principales espèces de LP utilisées et les utilisations les plus importantes pour les villageois. Selon les systèmes de production, il y a des différences notoires.

Tableau 8.- Principales utilisations des LP recensées dans les terroirs villageois

(s : bois de service c : combustible e : élevage a : agriculture f : pharmacopée sr : source de revenus
ah : alimentation humaine)

Espèces	Ndiawara	Boulal	Diokoul
1. <i>Acacia nilotica var. nilotica</i>			
2. <i>Acacia tortilis raddiana</i>	e	e	e
3. <i>Bauhinia rufescens</i>	e	e	e
4. <i>Indigofera oblongifolia</i>	e	-	-
5. <i>Piliostigma reticulatum</i>	e,f	e,f	e,f
6. <i>Parkia biglobosa</i>	-	-	e,f
7. <i>Acacia albida</i>	e	e,a	e,a,sr
8. <i>Acacia senegal</i>		e,sr	
9. <i>Tamarindus indica</i>	ah	ah,e	sr,ah
10. <i>Acacia seyal</i>	e	e	e

Dans les systèmes irrigués les trois espèces les plus utilisées sont : *Acacia nilotica nilotica*, *Tamarindus indica* et *Bauhinia rufescens*. Elles servent principalement en bois de service, de combustible, en alimentation humaine et dans l'élevage ;

On note par ailleurs l'introduction massive de *Prosopis juliflora*, *Acacia holosericea* et *Parkinsonia aculeata*. Celles-ci représentent respectivement 31, 16 et 7 % des essences plantées par le Projet Restauration du Milieu (PREMINA) de Podor (DFS-PREMINA, 1992). Elles servent surtout de brise-vent dans les périmètres irrigués et jardins maraîchers villageois. Ces résultats mettent en évidence la relative divergence entre les espèces présentes considérées comme importantes par les villageois et les taxons utilisés par les projets de développement.

Dans le système agro-sylvo-pastoral, les taxons les plus largement utilisées sont *Faidherbia albida*, *Acacia tortilis raddiana*, *Acacia senegal*. On les utilise principalement comme fertilisants en agriculture et dans l'élevage.

Faidherbia albida, *Parkia biglohosa*, *Tamarindus indica* représentent les trois espèces les utilisées dans les systèmes de culture pluviale simple. Elles servent notamment comme fertilisants en agriculture et dans l'alimentation humaine.

L'EVOLUTION DES LP DANS LES TERROIRS

Les villageois font appel à un certain nombre d'événements pour expliquer la dynamique des peuplements de légumineuses pérennes. Il s'agit notamment de l'arrêté de classement de la forêt de gonakié d'*Acacia nilotica* en 1939, de l'introduction de haies vives en 1987, de l'arrivée massive des transhumants maures en 1973, de la gestion communautaire de la forêt classée de Diaouara, du début de la commercialisation massive des gousses de *Faidherbia albida* etc..

Ils distinguent trois types d'évolution :

- le premier caractérise l'extension des populations de légumineuses par une bonne régénération ,
- le second est caractérisé par une stabilité du peuplement,
- le troisième caractérise une régression des populations : forte mortalité et pas de régénération significative.

Le table 9 au donne pour les trois sites, les dynamiques des LP ainsi recensées :

Tableau 9.- Dynamique des légumineuses pérennes

SITES	LP en expansion	LP stables	LP en régression
DIOKOUL	<i>Faidherbia albida</i>	<i>Acacia sieberiana</i> <i>Bauhinia rufescens</i> <i>Piliostigma reticulatum</i> <i>Acacia seyal</i> <i>Indigofera tinctoria</i> <i>Casais occidentalis</i>	
BOULAL	<i>Acacia tortilis</i> var. <i>raddiana</i> <i>Faidherbia albida</i> <i>Acacia seyal</i> <i>Acacia nilotica</i> var. <i>adansonii</i>	<i>Tamarindus indica</i> <i>Tephrosia purpurea</i> <i>Acacia sieberiana</i>	<i>Piliostigma reticulatum</i> <i>Bauhinia rufescens</i> <i>Indigofera</i> sp. <i>Casais italica</i>

NDIAWARA	<i>Indigofera oblongifera</i> <i>Bauhinia rufescens</i> <i>Acacia raddiana</i>	<i>Acacia albida</i> <i>Acacia senegal</i> <i>Indigofera tinctoria</i> <i>Tamarindus indica</i> <i>Acacia machrostachya</i> <i>Acacia sieberiana</i> <i>Piliostigma reticulatum</i> <i>Acacia seyal</i>	<i>Acacia nilotica nilotica</i>
-----------------	--	--	---------------------------------

Conclusions - Perspectives

Les zones où vivent les LP étudiées font face aux phénomènes de désertification (aridification climatique, dégradation des états de surface, anthropisation croissante). C'est pourquoi les programmes de réhabilitation des terres dégradées par l'utilisation des LP doivent tenir compte de ces caractéristiques et limites environnementales.

Les prochaines études seront centrées sur les perceptions et attitudes des villageois vis-à-vis de la dégradation de l'environnement, le potentiel des LP, les contraintes et opportunités de l'amélioration de la place des LP dans les systèmes de production.

Dans certains systèmes, l'émergence d'une végétation très anthropisée et à base de LP donne naissance aux parcs : cas du parc à *Acacia tortilis raddiana* dans le système agro-sylvo-pastoral et du parc à *Faidherbia albida* dans le système de culture pluviale simple.

La détermination des potentialités réelles des LP dans ces parcs, leurs performances, la dynamique des peuplements, les contraintes et opportunités existantes quant à leur utilisation pour la réhabilitation des terres dégradées, constituent les priorités pour l'année 1994. Les inventaires écologiques entreprises cette année serviront de base à ces travaux.

Les fonctions économiques assignées aux LP en font des essences à usages multiples.

Dans les systèmes de production traditionnels agro-sylvo-pastoraux et de cultures pluviales simples, l'importance de certaines LP leur confère un statut particulier. Des méthodes de gestion et préservations caractéristiques des parcs traditionnels émergent.

Dans le système irriguées, les LP sont utilisées comme haies-vives et brise-vent, alors que la légumineuse traditionnelle peuplant les forêts de gonakiés (*Acacia nilotica nilotica*) est en nette régression.

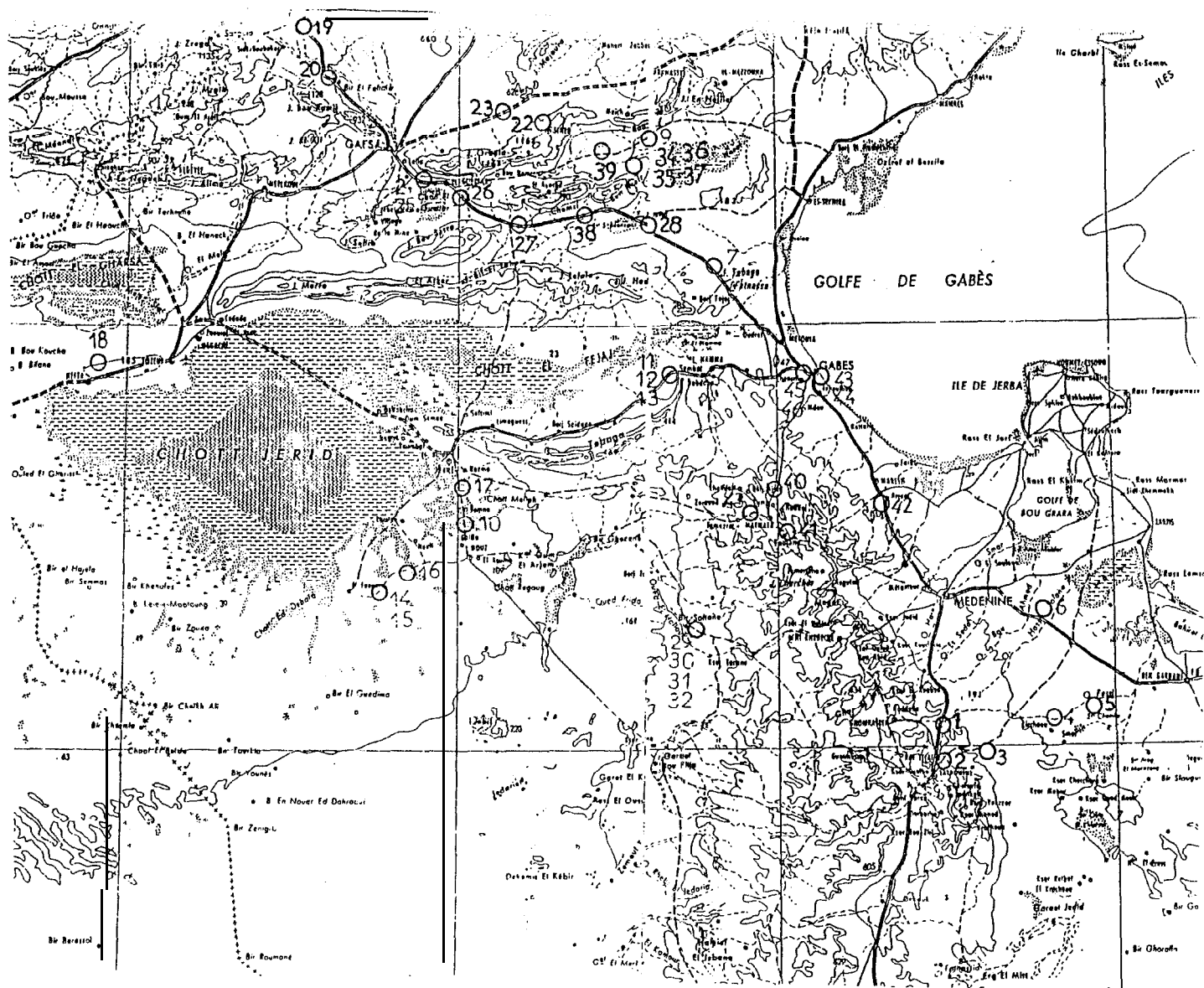
Les travaux ultérieurs auront pour but de cerner les calendriers d'utilisation des LP, les performances de cette utilisation ainsi que les problèmes posés et l'identification des solutions adéquates.

3. Analyse de la diversité des associations Iéguineusehicro-organismes : Prospection et collection

Au cours de l'année 1992, deux prospections ont été conduites en Tunisie pré saharienne et au Sénégal. Les résultats ont été consignés dans le rapport d'avancement (GROUZIS, 1993).

En Tunisie, une deuxième prospection en 1993, réunissant les disciplines des différentes équipes (IRA, ISRA, CEFÉ, ORSTOM, VITERBO) a permis d'enrichir la collection de

Carte 2



Rhizobium et de démarrer une collection de mycorrhizes. Les sites de prélèvement sont reportés sur la carte 2. Ces prospections ont permis de récolter :

- 42 échantillons de nodules (IRA)
- 46 échantillons de sol pour analyse (IRA)
- 64 échantillons de sol pour piégeage de *Rhizobium* (IRA-ORSTOM)
- 28 échantillons de sol pour piégeage de mycorrhizes (ISRA)
- 4 échantillons de sol pour étude en conditions contrôlées (CEFE)
- 6 échantillons de sol pour les travaux relatifs à l'étude de la biochimie de la rhizosphère (Viterbo)
- 6 échantillons de racines (ISRA).

Au Sénégal nous avons récolté au cours de la saison des pluies 1993 des nodules de : *Crotalaria podocarpa* (3 sites), *Indigofera oblongifolia*, *Zornia glochidiata* (4 sites), *Alysicarpus ovalifolius* (2 sites), *Tephrosia purpurea* (2 sites), *Pterocarpus lucens*, *Tephrosia bracteolata*, *Vigna ambacensis*. Ces échantillons viennent s'ajouter aux :

- 67 échantillons de sol pour analyse et caractérisation de l'environnement symbiotique
- 105 échantillons de sol pour le piégeage des micro-organismes
- 53 espèces de légumineuses dont 13 annuelles
- 34 échantillons de nodules racinaires
- 6 échantillons de nodules caulinaires
- 3 types de sol pour le piégeage des mycorrhizes

II. ETUDES STATIONNELLES

Trois stations ont été identifiées pour réaliser l'étude du comportement d'espèces communes (principalement *Acacia tortilis* subsp *raddiana*) au nord et au sud du Sahara

1. Les stations d'études : localisation, équipement

La première station se situe en Tunisie dans la Réserve forestière du Bled Thala (34°25'N, 9°21'E), dans la région du Bou Hedma. La pluviométrie annuelle est de l'ordre de 180 mm. Elle est équipée de :

- 8 tubes d'accès à la sonde à neutrons, sous et hors couvert ligneux et à différentes distances des arbres (figure 9)
- une station météorologique enregistrant les paramètres suivants : température, humidité, rayonnement global, vitesse du vent et pluviométrie.
- 2 pluviomètres totalisateurs

La cartographie de la répartition des *Acacia* a été réalisée.

La deuxième station se situe à Souilène, Réserve de Sogobe en zone sahélienne du Sénégal (16°21'N, 15°24'O). La moyenne pluviométrique est de 280 mm. Cette station est équipée de :

- 18 tubes d'accès à la sonde à neutrons, disposées hors et sous couvert ligneux jusqu'à une profondeur de 450 cm,
- 6 pluviomètres totalisateurs sous couvert, à la limite de la frondaison d'*Acacia raddiana* et hors couvert,
- 9 sondes psychrométriques hors et sous couvert d'*Acacia raddiana* à trois profondeurs (50, 100 et 300 cm)
- une station météorologique enregistrant les paramètres précédents et les températures du sol à 50, 100 et 150 cm.

La cartographie des espèces ligneuses dans la station (1 ha) a été réalisée. Sur la figure 10 sont représentées les *Acacia raddiana*.

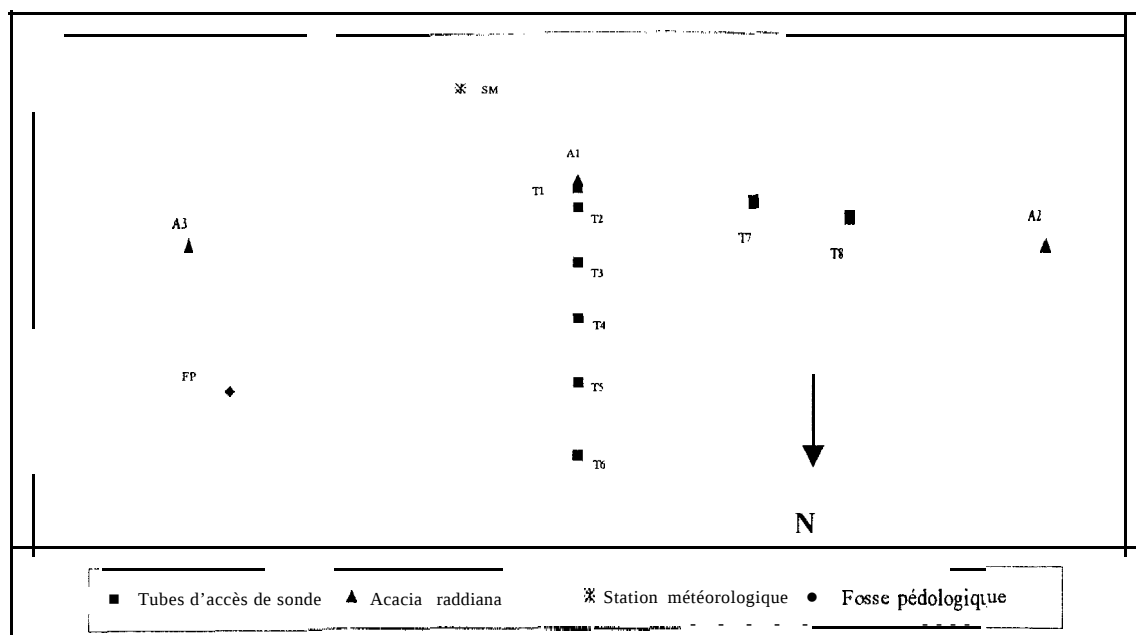


Figure 9. Station du Bled Thala (Tunisie)

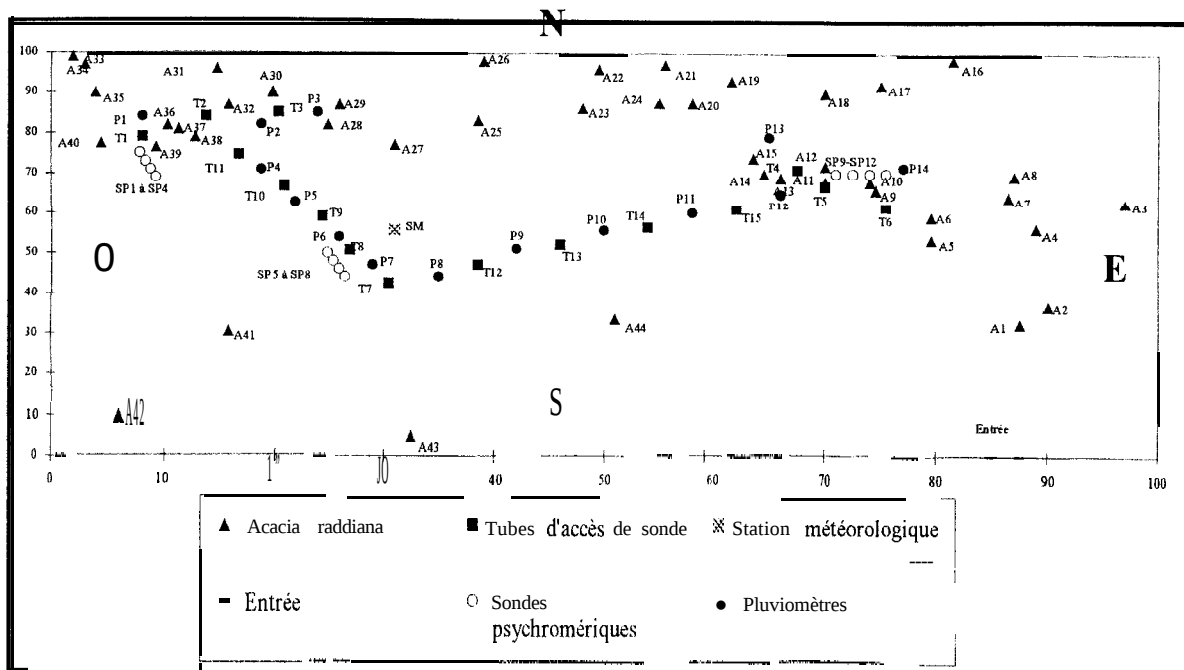


Figure 1 1 .- Station de Souilène

La troisième station d'étude est localisée à Dahra à 256 km de Dakar (Région de Louga : 15°21'N, 15°27'O). Sa superficie est d'un quart d'hectare (1/4 ha). La pluviométrie annuelle est de l'ordre de 400 mm .

Cette station comprend les équipements suivants :

- 10 tubes d'accès à la sonde à neutrons disposés hors et sous couvert ligneux à une profondeur de 450 cm ;
- 3 pluviomètres totalisateurs (un premier sous le couvert d'*Acacia raddiana*, un second situé hors couvert et un troisième à la limite de la frondaison d'individus d'*Acacia raddiana*)
- 16 sondes psychrométriques situées hors et sous couvert à des profondeurs différentes (50 cm, 100 cm, 150 cm, 200 cm, 250 cm, 300 cm et 400 cm).
- une station météorologique enregistrant les mêmes paramètres qu'à Souilène

N

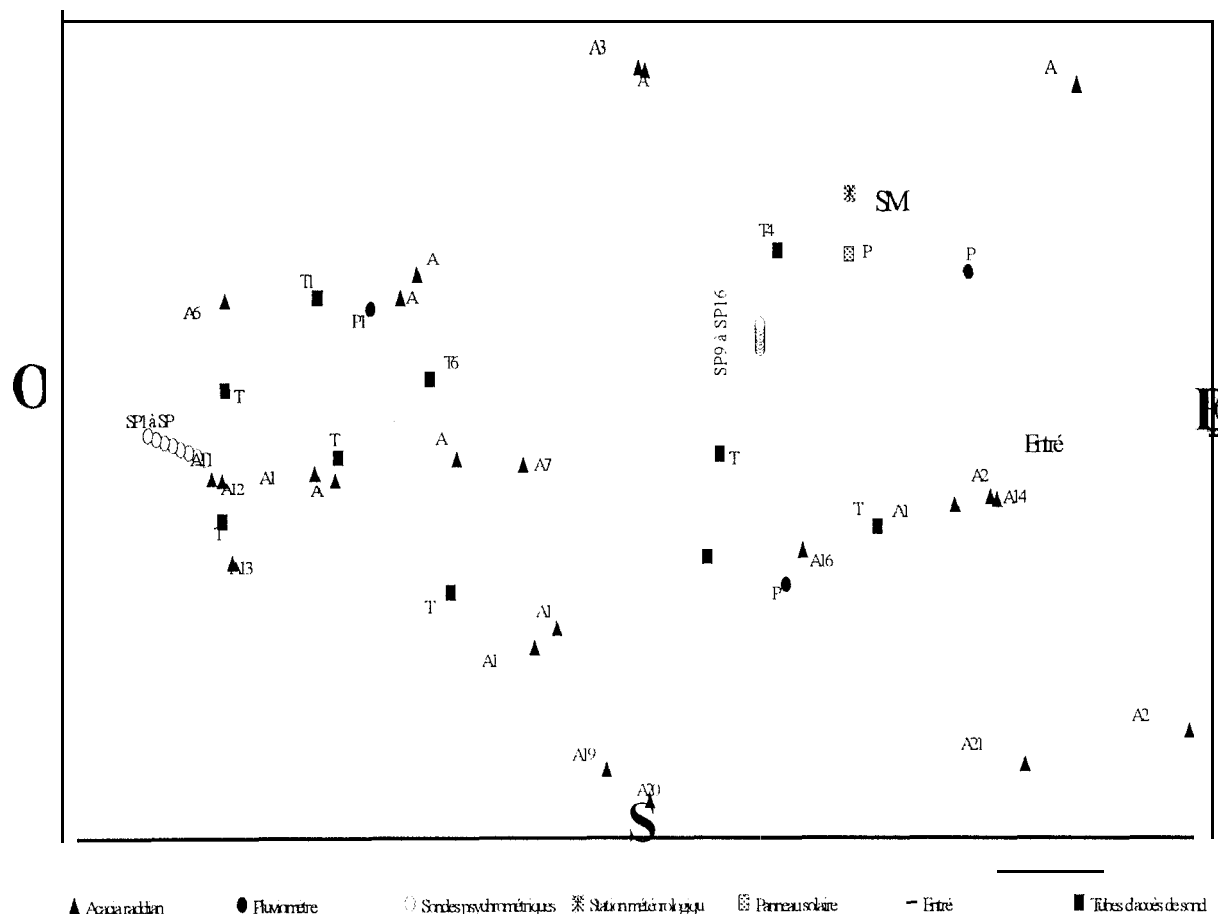


Figure 12.- Station de Dahra

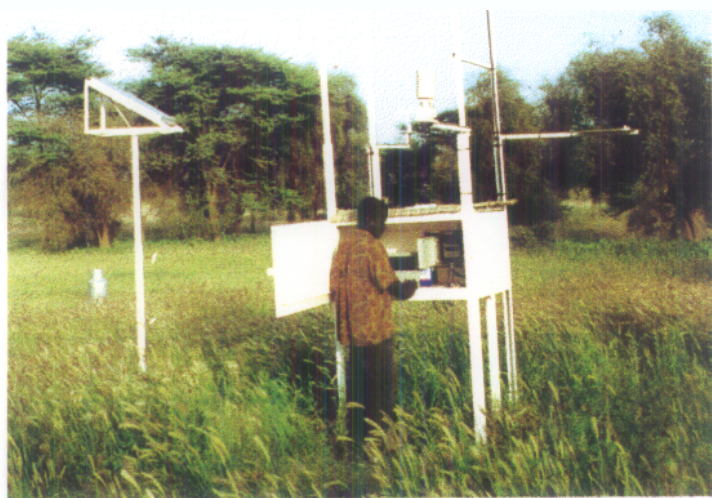
La population d'*Acacia raddiana* est composée de 23 individus dans la parcelle mise en défens. Par ailleurs, 9 autres individus du voisinage immédiat de la station ont été ajoutés à cet effectif, pour suivre la phénologie.

2. Système d'acquisition automatique des données.

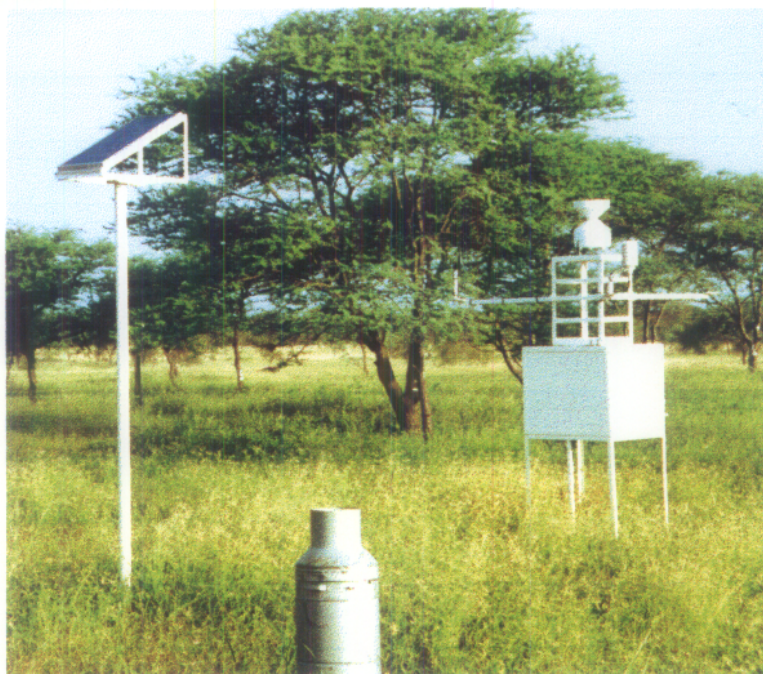
Chaque station est équipée d'une station météorologique. Compte-tenu de l'éloignement des stations par rapport aux différentes bases, un dispositif d'acquisition automatique des données a été conçu et mis en place. On trouvera ci-après le principe et le traitement des données.



PLANCHE 1



Station de SOULENE
(16°21' N - 15°25' O)
Dispositif météorologique



Station de DAHRA
(15°21' N - 15°26' O)
Dispositif météorologique



Centrale
d'acquisition
CAMPBELL
21 X et son
alimentation

2.1. Présentation du système

Ces stations ont une autonomie illimitée en ce qui concerne leur alimentation électrique. Par contre, l'autonomie de stockage des données est de cinquante jours pour la configuration choisie (fréquence de scrutation, nombre de paramètres mesurés). Il est donc impératif d'effectuer un transfert des fichiers de données logées dans la mémoire de la centrale vers un μ -ordinateur, pour des périodes inférieures à cinquante jours. Si ce délai n'est pas respecté, les données enregistrées en début de mémoire de la centrale sont effacées par les mesures correspondant aux jours suivant le cinquantième jour.

Ce dispositif d'acquisition automatique de données permet la mesure et le stockage en continu des paramètres suivants:

- température de l'air
- humidité relative de l'air
- rayonnement global
- température du sol
- vitesse du vent
- précipitations incidentes

Ce dispositif comprend :

- Une centrale d'acquisition, "Campbell type 21X", destinée à mesurer et enregistrer, sous forme numérique, différents types de signaux électriques délivrés par les capteurs. Cette centrale est programmée en fonction des appareils et capteurs mis en oeuvre, du type d'exécution souhaité (action à partir du clavier, action conditionnée par un événement extérieur, etc...), du niveau de traitement des données brutes mesurées (moyenne, recherche de maxima ou minima, et divers autres calculs), ainsi qu'en fonction de la fréquence d'acquisition souhaitée,

- Une batterie permettant de fournir l'énergie à la centrale et aux capteurs,

- Un panneau solaire fournissant l'énergie nécessaire à la recharge de la batterie et permettant ainsi de rendre le système autonome,

- Un jeu de capteurs composé d'un thermistor, d'un psychromètre, d'une photodiode au silicium, de thermocouples, d'un anémomètre ainsi que d'un pluviomètre.

- Un μ -ordinateur muni d'une interface et de logiciels, permettant la programmation de la centrale, et surtout le transfert et le traitement des fichiers de données qui y sont enregistrés..

Les organigrammes correspondant aux tâches effectuées par la centrale (programme) sont donnés en Annexe 3. Dans le dispositif que nous avons installé pour chacune des stations, nous avons deux tables de programme qui sont exécutées parallèlement. La première table est exécutée toutes les cinq minutes. Elle effectue des moyennes horaires, à partir des douze mesures réalisées dans l'heure. Ces mesures concernent la tension de batterie, la température ambiante, l'humidité relative et le rayonnement global. La seconde table est exécutée toutes les heures. Elle effectue des mesures instantanées horaires des températures de la centrale et du sol, des cumuls horaires de la pluviométrie ainsi que des cumuls horaires rapportés à une unité de temps pour la vitesse du vent.

2.1. Traitement des données

Pour pouvoir exploiter ces données (élaboration de tableaux, calculs, tracé de courbes, etc..) il est nécessaire d'utiliser un logiciel de type tableur. Nous utilisons le "Microsoft EXCEL IV".

L'importation des fichiers bruts stockés dans la mémoire de la centrale vers le logiciel nécessite différentes étapes de mise en forme des fichiers bruts de données.

1) Transfert du fichier brut issu de la mémoire de la centrale vers un u-ordinateur à l'aide du logiciel "TERM".

Le fichier généré porte l'extension .DAT et comporte des codes indicateurs de sortie ainsi que N° de paramètres. (cf Annexe 4).

2) Mise en forme du fichier brut .DAT, afin d'importer ce fichier sur le logiciel de type tableur "EXCEL".

Cette mise en forme consiste à supprimer les N° de paramètres et fixer le type de séparateur de données.

Cette mise en forme est effectuée à partir du logiciel "SPLIT" et génère un fichier portant l'extension .PRN.(cf Annexe II)

3) Mise sous forme de tableau de données. Cette tâche est effectuée automatiquement ("macros") à l'aide du logiciel "EXCEL". Les fichiers générés portent l'extension .XLS et comportent les mesures horaires des différents paramètres. Ces fichiers sont archivés et imprimés sous cette forme.(cf Annexe 4)

4) Tracé des courbes des paramètres désirés à partir du fichier .XLS toujours avec l'aide du logiciel "EXCEL". Les fichiers générés portent l'extension .XLC.(cf Annexe 5)

5) Présentation des données sous forme d'un rapport météorologique mensuel à partir du fichier .XLS. Ceci consiste à effectuer des moyennes journalières, décadaires et mensuelles pour les températures, l'humidité et la vitesse du vent, un cumul journalier, décadaire et mensuel pour la pluviométrie, ainsi qu'une intégration journalière, une moyenne décadaire et mensuelle, pour le rayonnement global. Par ailleurs, ce rapport comportera les maxima et minima journaliers de température ainsi que d'humidité relative.

Ce rapport sera réalisé automatiquement à partir des fonctions "macros" du logiciel "EXCEL". Ce programme est en cours de réalisation.

3. Observations effectuées

Les espèces ligneuses ont été inventoriées et la structure de la population en fonction des classes de diamètre établie. Cette structure permet notamment de définir l'échantillonnage pour l'étude de la phénologie (GROUZIS, 1993).

Au niveau du sol, l'évolution de la réserve hydrique du sol est mesurée par la méthode neutronique. Les courbes d'étalonnage de la sonde ont été en partie réalisées par une mesure simultanée à la sonde et des teneurs en eau du sol par la méthode gravimétrique. Ces courbes seront complétées au cours de la saison sèche prochaine. L'état hydrique du sol est par ailleurs repérée par des mesures de leur potentiel hydrique (Sénégal seulement). Les caractéristiques structurales et chimiques du sol ont par ailleurs été analysées.

Au niveau de la plante, des cinétiques journalières de la tension de sève (base, minimum, de récupération), de la conductance stomatique (Sénégal seulement) d'*Acacia raddiana* ont été suivies pour différentes périodes du cycle végétatif. Les caractéristiques micro climatiques ont été simultanément enregistrées. Ces séries de données permettront de formuler le comportement de cette espèce au nord et au sud du Sahara en fonction des paramètres du milieu.

Nous donnons ci-après l'évolution de ces différents paramètres pour quelques journées. Il est évident que les séries ne sont pas encore suffisantes pour tirer des conclusions.

4. Résultats.

4.1. Structure des populations

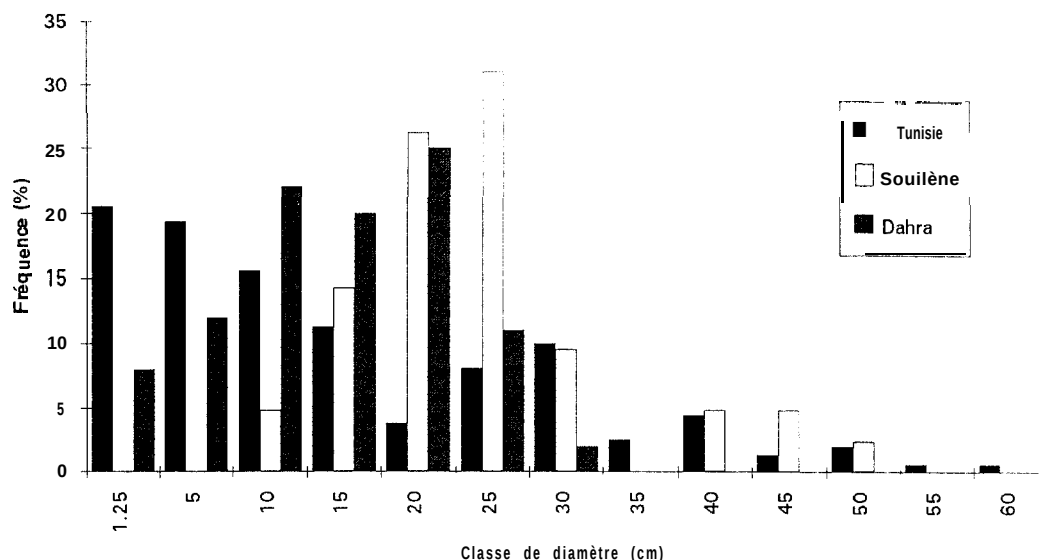


Figure 13 Structure des populations *d'Acacia tortilis subsp raddiana* dans les différentes stations du nord et du sud Sahara

Les populations *d'Acacia* des trois situations ont des structures relativement différentes. Les populations du Sénégal ont une répartition uni modale : à Dahra le mode se situe entre 10 et 20 cm de diamètre ; à Souilène il se situe à 25 cm de diamètre. Les deux populations se caractérisent donc par une plus grande fréquence d'individus moyens, mais la population de Dahra est plus jeune que celle de Souilène.

La structure de la population de Tunisie est bimodale. Le premier mode se situe dans les classes 1,25, 5 cm et le deuxième dans la classe 30 cm. Il y a une grande proportion de jeunes individus et quelques rares "grands", vestiges d'une population certainement plus importante. Cette plus grande fréquence de jeunes individus à Heddeg (Tunisie) est-elle due à une régénération naturelle (absence de pâturage) ou à une réintroduction de l'espèce par les services forestiers ? C'est une question qui devra être élucidée.

La figure 14 donne les premiers résultats du suivi phénologique des populations *d'Acacia raddiana* à Dahra et Souilène. Une grande différence s'observe entre les deux populations : dès le 24 juin, la majorité des *Acacia* de la station nord est en feuilles, alors que la population de Dahra n'atteint ce même niveau qu'un mois plus tard.

4.2. Phénologie de l' *Acacia raddiana*

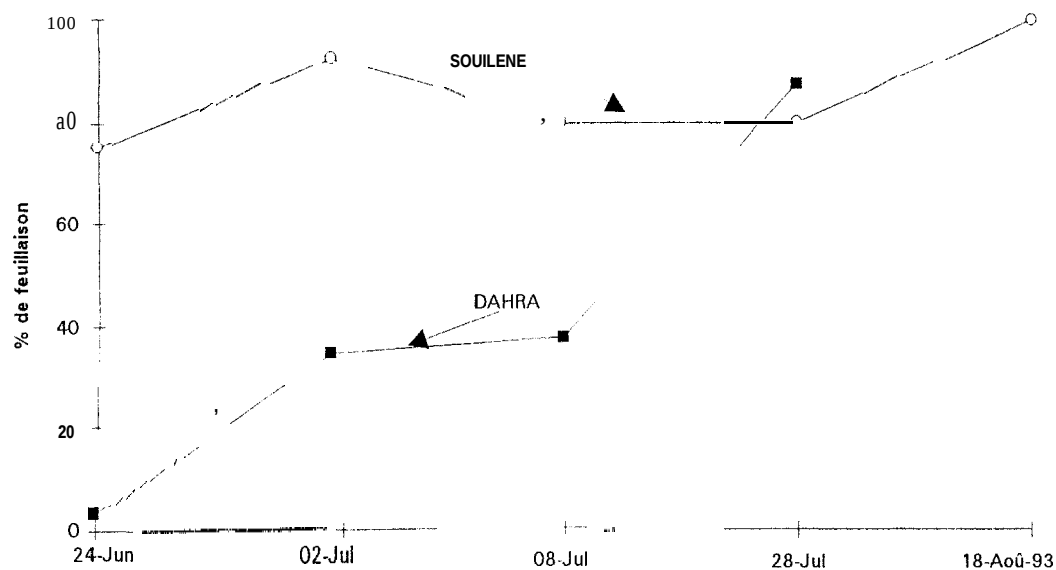


Figure 14. Phénologie comparée d'*Acacia raddiana* (phase de feuillaison)

4.3. Profils hydriques

Les profils hydriques pour quelques journées du cycle de végétation sont donnés sur les figures 15 A & B.

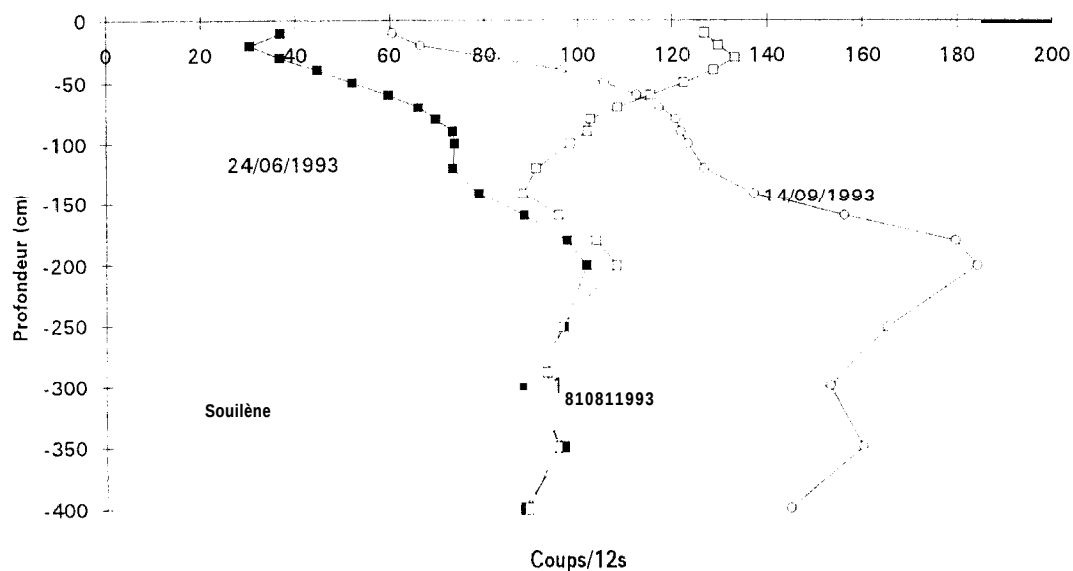


Figure 15A. Profils hydriques à Souilène

A Souilène le profil est largement humecté jusqu'à 150 cm dès la mi-août, Puis l'humidité du sol atteint les horizons inférieures (14/09/93) alors que les strates supérieures jusqu'à 50 cm s'assèchent en raison certainement de la consommation par la strate herbacée.

A Dahra la réhumectation du sol est plus tardive : le 27/08/1993 le profil est très peu différent du profil sec. Il faut attendre pratiquement le 22/09/93 pour que la réserve en eau du

sol se reconstitue. On doit d'ailleurs noter que les niveaux d'humidité du sol obtenus à Dahra sont largement inférieurs à ceux de Souilène. Cette caractéristique explique certainement le comportement phénologique des espèces précédemment rapporté, bien que cette interprétation soit à prendre avec une relative réserve dans la mesure où les profils hydriques sont actuellement exprimés en coups/unité de temps et qu'ils ne tiennent donc pas encore compte de la texture du sol.

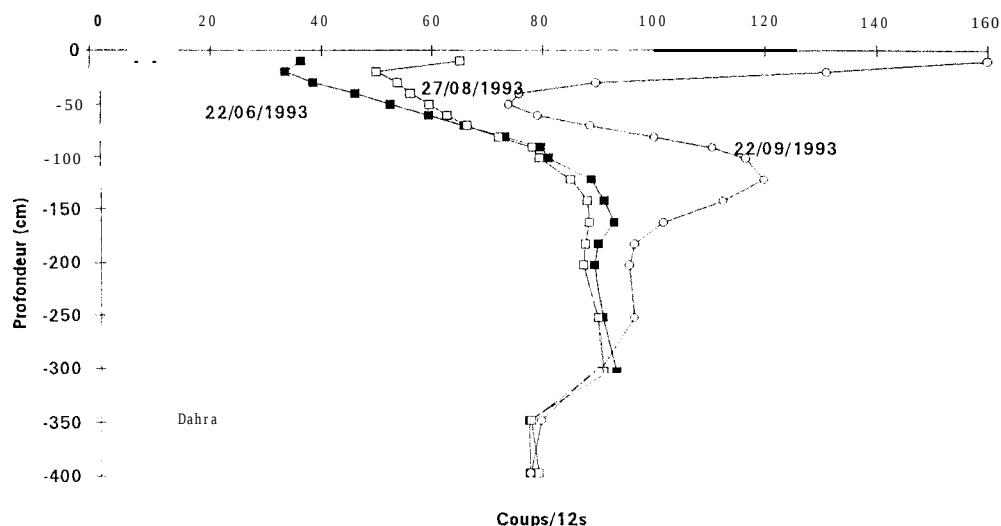


Figure 15B. Profils hydriques à Dahra

4.4. Comportement écophysologique d'*Acacia raddiana*

La cinétique journalière du potentiel de sève (06/08/93) de l'*Acacia raddiana*, (figure 16) présente un profil classique. Les potentiels sont élevés en fin de nuit (Potbase # - 1.18 MPa) et bas en milieu de journée (Potmin # -3 MPa). Ils augmentent sensiblement en fin d'après-midi, pour retrouver leur maximum quelques heures après le coucher du soleil (Potrécupération # - 1.41 MPa).

Si l'on se réfère au potentiel de récupération, on peut dire que dans ce biotope, *Acacia raddiana* retrouve rapidement son état hydrique de début de journée.

La conductance stomatique présente aussi une évolution classique : augmentation en début de journée, puis fermeture lorsque la tension de sève atteint des valeurs de l'ordre -2.5 MPa, et légère ouverture en fin d'après midi. L'évolution de la conductance stomatique de cette espèce semble être caractérisée par une dépression de midi.

Avec la réduction du rayonnement, la gs diminue en fin d'après-midi, puis, atteint sa valeur minimale le soir

Ces variations du potentiel de sève et de la conductance stomatique sont étroitement liées à celles des facteurs micro climatiques.

Ces variations simultanées sont enregistrées et vont permettre de formuler le fonctionnement hydrique de cette espèce dans les différentes zones bioclimatiques.

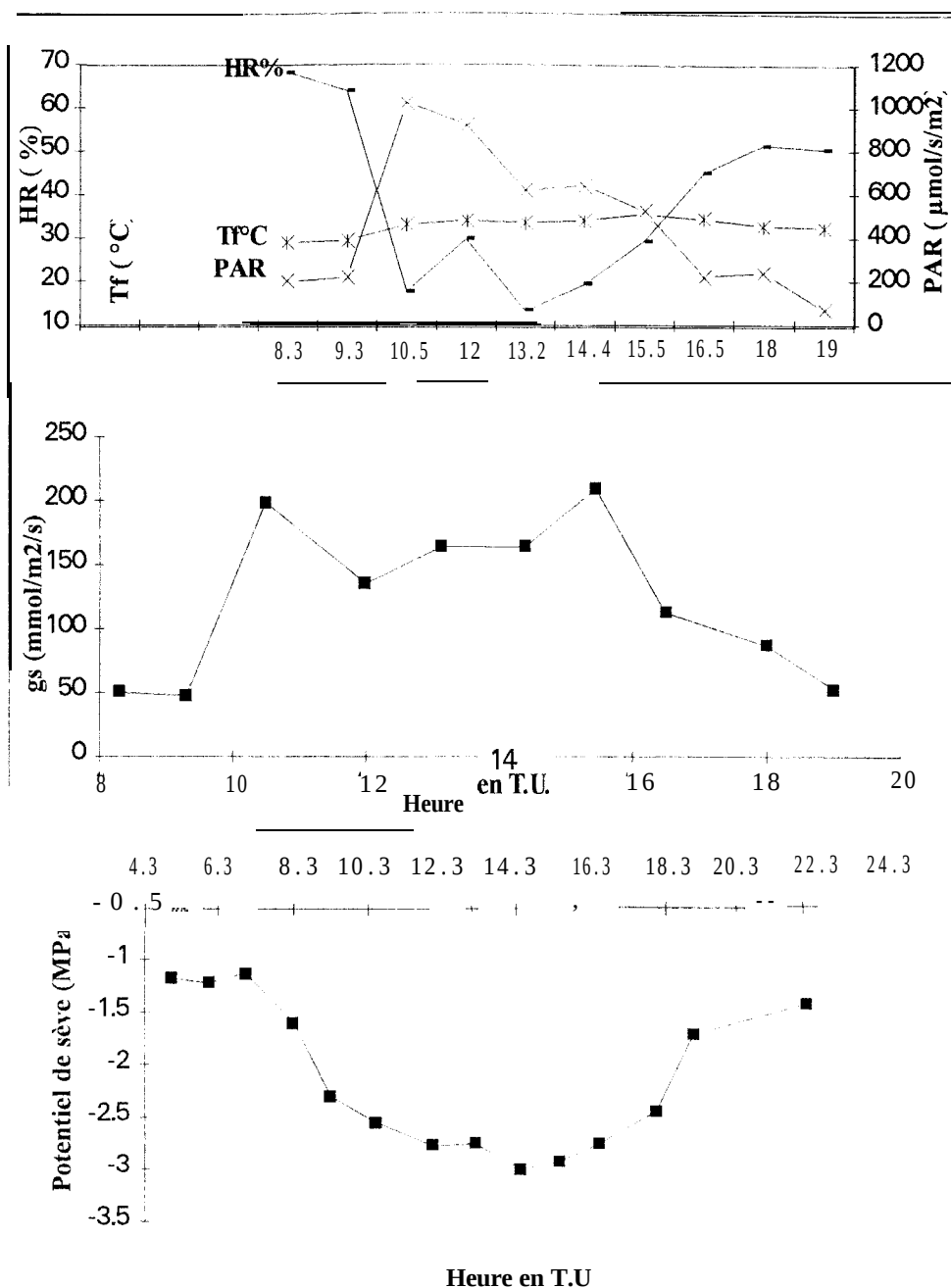


Figure 16. Cinétique journalière de facteurs micro climatiques (H% : humidité relative, PAR : rayonnement photosynthétique) et de paramètres écophysologiques (gs : conductance stomatique ; potentiel de sève et Tf : température foliaire) d'*Acacia raddiana* à Dahra.

III. ANALYSES EN CONDITIONS CONTROLEES

1. Etude de la croissance et de la réponse à la contrainte hydrique d'*Acacia raddiana*

1.1. Etude comparée de la croissance de 2 origines d'*Acacia raddiana*

Cette étude a porté sur 2 origines, l'une en provenance du Sénégal, l'autre en provenance du sud Tunisien. Après scarification à l'acide sulfurique, les graines sont semées puis les plantules repiquées, en chambre de culture, sous deux régimes thermiques (32°C/21°C, 22°C/10°C) avec une photopériode et une thermopériode de 12 heures. Ces deux régimes ont été adoptés pour simuler respectivement les conditions thermiques moyennes de la saison humide au Sénégal et en Tunisie. Quel que soit le régime thermique les graines d'origine tunisienne germent plus lentement et à un taux légèrement plus faible (75% contre 95%). Cette première étude ne montre pas, pour aucun des régimes et sur 60 jours de croissance, de différences significatives entre les deux origines quant à la croissance en hauteur. Des résultats identiques sont trouvés en ce qui concerne le nombre de feuilles.

Le passage progressif du régime tunisien au régime sénégalais, ne permet pas également de mettre en évidence des différences de hauteur entre les 2 origines.

Il semble par contre qu'il y ait une différence entre les deux origines au niveau du degré de ramification : l'origine Sénégal étant plus ramifiée que l'origine Tunisie.

1.2. Etude en rhizotron, sur deux espèces (*Acacia senegal*, *Acacia raddiana*) de la croissance des parties souterraines et aériennes et essais d'inoculation à partir de souches de *Rhizobium* sélectionnées.

Etude de la croissance

Les rhizotrons étaient constitués par des tubes cylindriques de plexiglass transparent (diamètre = 110 mm et hauteur = 1280 mm) remplis d'un mélange sablo-limoneux. Des lectures de croissance en longueur des parties aériennes et souterraines étaient effectuées 2 fois par semaine ainsi que des dénombrements des feuilles et des nodules sur *Acacia senegal* et *Acacia raddiana* (Origine sénégalaise et tunisienne). Les rhizotrons étaient installés en serre (Tp=33°C/24°C, HR=50%/80%, photopériode naturelle). L'humidité du sol était ramenée deux fois par semaine à la capacité au champ par un apport hydrique permettant l'apparition d'un début de drainage au bas des rhizotrons. Les graines ont été semées le 20 avril 1993.

Le 5 juillet 1993 la hauteur moyenne de l'origine Sénégal d'*Acacia raddiana* est de 268.8 mm alors que celle de l'origine Tunisie est de 228.6 mm. Ce résultat mérite d'être confirmé par un effectif plus grand. A cette date la racine principale de tous les individus des 2 origines a atteint le fond du rhizotron (1280 mm). De nombreuses ramifications aériennes apparaissent sur *Acacia raddiana* (Sénégal : 9 ramifications par individu en moyenne) alors qu'à cette date *Acacia raddiana* (Tunisie) ne présente aucune ramification. L'origine *Acacia raddiana* (Sénégal) s'était distinguée très tôt (12 mai 1993) par l'apparition de racines secondaires au nombre de 2 ou 3 et ayant une longueur de l'ordre de 50% de celle de la racine principale.

L'*Acacia senegal* présente, le 5 juillet 1993, un léger degré de ramification aérienne et un très faible degré de ramification souterraine.

Essais d'inoculation

Les essais d'inoculation ont été réalisés sur deux espèces : *Acacia raddiana* et *Acacia senegal*. Sur *Acacia raddiana* deux origines (Tunisie et Sénégal) ont été testées. Les *inocula* ont été fournis par le laboratoire de microbiologie ORSTOM de Dakar ; il s'agit de la souche *Rhizobium* ORS 1035 pour *Acacia raddiana* et de la souche 1016 pour *Acacia senegal*. L'inoculation a été effectuée lors du repiquage, soit une semaine après la levée (24 avril 1993).

Les premiers nodules sont notés le 15 juin 1993 chez *Acacia senegal* qui présentera début août 3 individus sur 6 nodulés sur la racine principale. Sur *Acacia raddiana*, les premiers nodules sont observés le 16 juillet 1993 sur un individu de chaque origine. Le 6 août 1993, 3 individus sur 5 d'*Acacia raddiana* originaire du Sénégal sont nodulés et 2 (sur 5) originaires de Tunisie, indifféremment sur la racine principale et la racine secondaire. Tous les nodules qui ont été observés se situent à une profondeur comprise entre 170 et 500 mm. Les modules d'*Acacia senegal* sont de forme arrondie, rouges dès la première observation, ceux d'*Acacia raddiana* sont arrondis blancs puis prennent la forme allongée et deviennent brun-rouge.

L'expérience en rhizotron se poursuit par l'imposition d'un stress hydrique (suppression totale de l'irrigation à partir du 6 août 1993) en vue d'étudier la phénologie des parties aériennes, souterraines et de la nodulation.

1.3. Réponse à la contrainte hydrique

Il s'agit ici d'étudier en détail la séquence des événements phénologiques aériens qui s'installe au cours de la saison sèche sur ces espèces (flétrissement progressif, chute des feuilles, débourrement anticipé par rapport à l'arrivée des pluies) et des événements correspondants au niveau état hydrique du végétal (variations des tensions hydrostatiques et des pressions osmotiques dans le xylème, variations des pressions osmotiques des feuilles). Cette étude a pour but de progresser dans la connaissance des mécanismes physiologiques déterminants de cette séquence.

2. Fixation d'azote, allocation des ressources et réponse à la fertilisation minérale de 12 types biologiques de légumineuses africaines du nord et du sud du Sahara

2.1. Objectifs et hypothèses

L'objectif est d'une part d'approfondir notre connaissance de la dynamique des écosystèmes en question et du rôle des légumineuses à des stades de succession différentes et d'autre part de démarrer une sélection préliminaire d'espèces candidates pour la réhabilitation des terres dégradées dans ces zones, à l'aide des légumineuses fixatrices.

Selon le type biologique et l'origine biogéographique, il y aura des différences écophysologiques considérables entre les différentes espèces de légumineuses fixatrices d' N en Afrique sèche. En particulier, le taux de croissance, la capacité de fixer l'azote atmosphérique et la réponse positive à des suppléments d'engrais azoté et phosphorique seront plus élevées chez des espèces d'origine sahélienne, où les conditions environnementales sont *grossa modo* plus favorables pour la croissance végétale que dans le pré-Sahara tunisien. En plus, les herbacées pérennes répondront plus que les chamaephytes et les arbustes, qui eux répondront plus que les arbres, quelle que soit la zone d'origine.

2.2. Matériel et méthodes

Au cours du printemps et de l'automne 1992, nous avons ramassé des échantillons de graines et de sols d'une douzaine d'espèces de légumineuses du sud de la Tunisie et du nord du Sénégal.

Genre, espèce	Type biologique	Origine
<i>Acacia nilotica</i>	arbre	Sénégal
<i>Acacia senegal</i>	arbre	Sénégal
<i>Acacia tortilis</i> suhsp <i>raddiana</i>	arbre	Tunisie
<i>Acacia tortilis</i> suhsp <i>raddiana</i>	arbre	Sénégal
<i>Anthyllis henoniana</i>	chamaephyte	Tunisie
<i>Argyrolobium unijlorum</i>	chamaephyte	Tunisie
<i>Astragalus armatus</i>	chamaephyte	Tunisie
<i>Faidherbia albida</i>	arbre	Sénégal
<i>Indigofera tinctoria</i>	herbacée pérenne	Sénégal
<i>Ononis natrix</i>	herbacée pérenne	Tunisie
<i>Piliostigma</i>	arbuste	Sénégal
<i>Retuma raetam</i>	arbuste	Tunisie

Le 28 décembre 1992, nous avons semé des graines de chaque espèce dans des pots plastique de 13x13x12 cm, remplis de 700 g de sol reconstitué. Ce sol pauvre en azote, phosphore et matière organique ressemble par sa structure et sa composition à la plupart des sols africains dans lesquels se trouvaient nos espèces sur le terrain. Environ 100 g de sol récolté en même temps que les graines ont été rajouté pour chaque espèce afin de créer les conditions adéquates pour une inoculation passive si jamais des *Rhizobium* se trouvaient dans les sols. (Malheureusement les isolats n'étaient pas encore disponibles de nos partenaires microbiologistes).

Les graines de certaines espèces (*Acacia*, *Faidherbia*) ont été préalablement scarifiées à l'acide hydrochlorique. Des plantules résultant de ces semis, nous avons gardé qu'une seule plante par pot (12 par espèce et par traitement). Les pots ont été maintenus dans une serre jusqu'au mois de mai, puis sortis en pleine air. L'irrigation était uniforme pour toutes les plantes et visait à éviter tout stress hydrique due à l'évapotranspiration.

Quatre traitements ont été établis pour évaluer la réponse des différentes espèces aux apports d'engrais. Les dosages ont été établis selon un niveau de fertilisation courante pour les légumineuses fourragères dans les régions semi-arides et arides, soit l'équivalent d'un apport de 36 kg/ha d'azote (sulfate d'ammonium) et /ou 36 Kg/ha de superphosphate.

Traitement	N	P
1. Témoin		
2	+	
3		+
4	+	+

Les apports d'engrais ont été alloués par moitié en deux temps, correspondant à des périodes de croissance rapide chez les plantes : le 1 mai et le 2 juin 1993

2.3. Analyse des données

L'expérience sera arrêtée au début de la saison froide, au milieu du mois d'octobre. A cette époque, dix plantes de chaque espèce seront récoltées. On séparera soigneusement les racines de la terre. Le poids sec à 60°C (2 jours) sera déterminé. Ensuite nous procéderons à l'évaluation de l'allocation de biomasse entre partie aériennes (tiges, feuilles, fruits), partie racinaire et éventuellement les nodosités.

Sur un "pool" de toutes les plantes par espèce et par traitement, 4 analyses du rapport C/N seront effectuées afin de compléter les données de masse. Au cas où des nodosités apparaîtront sur les racines de certaines espèces, nous garderons 3 à 4 plants par espèce quelques jours de plus afin de comparer la fixation relative d'azote atmosphérique par la méthode non destructive de réduction d'acétylène. Ensuite ces plantes seront également récoltées et analysées.

Le traitement statistique s'effectuera par analyse de variance afin de séparer les effets des espèces et des traitements de la variation naturelle intra-espèce.

3. Germination et conservation des semences

L'objectif est de mettre au point les techniques de germination des graines des légumineuses herbacées pérennes présentant un intérêt dans le Projet et d'étudier la conservation de ces graines en vue de leur diffusion.

Mais, devant la petitesse des lots récoltés lors de diverses missions de prospection, la première activité a consisté à amplifier les lots de semences afin de pouvoir développer les protocoles envisagés.

Ainsi, pour les treize lots de semences listés dans le tableau 10, a été recherchée une méthode de germination et d'élevage des plants afin de réaliser de petites placettes semencières capables d'assurer la fourniture de semences.

Tableau 10 : Pré traitements efficaces utilisés pour les différents lots de graines

Lots	Pré traitements
<i>Aeschynomene sensitiva</i>	H ₂ SO ₄ 2.5 mn + H ₂ O 1 h
<i>Aeschynomene tamhacoundensis</i> (945)	H ₂ O 1 h
<i>Casais obtusifolia</i>	H ₂ SO ₄ 7 mn + H ₂ O 1 h
<i>Casais occidentalis</i> (Thyssé-Kaymor)	H ₂ SO ₄ 25 mn + H ₂ O 5 mn
<i>Crotalaria retusa</i> (Jardin Botanique)	H ₂ O 1 h
<i>Indigofera astragalina</i>	H ₂ SO ₄ 1.5 mn + H ₂ O 1 h
<i>Indigofera senegalensis</i> (925)	H ₂ O 1 h
<i>Indigofera tinctoria</i> (Mbour)	H ₂ O 1 h
<i>Rhynchosia sp.</i> (933 ▪ Bel Air)	H ₂ SO ₄ 30 mn + H ₂ O 1 h
<i>Stylosanthes mucronata</i>	H ₂ SO ₄ 30 mn + H ₂ O 1 h
<i>Tephrosia sp.</i> (979)	H ₂ SO ₄ 30 mn + H ₂ O 1 h
<i>Tephrosia sp.</i> (938)	H ₂ SO ₄ 30 mn + H ₂ O 1 h
<i>Tephrosia purpurea</i> (934)	H ₂ SO ₄ 5 mn + H ₂ O 1 h

1. Pré traitement des graines

Pour tous les lots testés, les conditions de germination ont été les suivantes :

- en atmosphère confinée (boîte plastique 17 cm x 11 cm. x 5 cm fermée)
- sur un lit de sable de Cambérène autoclavé, maintenu à la capacité au champ, à la température de $31^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$
- à l'obscurité.

Selon les lots de graines, différents pré traitements ont été employés.

Pour certains lots (*Aeschynomene tambacoundensis* (945), *Crotalaria retusa*, *Indigofera senegalensis* et *Indigofera tinctoria*), la germination d'au moins 50 % des graines a été obtenue dans un délai de 48 à 72 heures après un simple trempage dans l'eau pendant une heure. Ces lots ne nécessitent pas de scarification, les graines semblent donc ne présenter aucune inhibition tégumentaire.

Par contre, les autres lots testés ont nécessité une scarification par l'acide sulfurique concentré (95 %) pendant des durées allant de 7 minutes (*Casais obtusifolia*) à une demi-heure (*Rhynchosia sp.*, *Stylosanthes mucronata*, *Tephrosia sp.*). Ces graines présentent donc une inhibition tégumentaire plus ou moins profonde.

Il faut cependant noter que, vue la petitesse des lots, aucune gamme, aucune répétition n'a été faite. Ces résultats sont donc préliminaires mais serviront de base à une étude plus précise et approfondie afin de déterminer les méthodes optimales de levée de dormance et de germination des espèces concernées.

2 - Mise en place de parcelles semencières

Un jardin grainier est en cours d'installation dans la pépinière de la DRPF/ISRA de Dakar-Hann. Il est constitué de placettes de 5 m² pouvant recevoir une vingtaine de plants à un écartement de 0,50 m x 0,50 m, ce nombre devant maintenir une bonne diversité génétique dans les lots récoltés.

Sept lots sont déjà installés (Tableau 11) et trois sont en production : *Aeschynomene sensitiva*, *Casais obtusifolia* et *Tephrosia sp.* (979), un présente un développement végétatif : *Aeschynomene tamhacoundensis*. Les autres lots sont en fleurs (*Indigofera tinctoria*, *Indigofera senegalensis* et *Casais occidentalis*).

Pour les lots semés au mois d'août, ils sont, à l'heure actuelle, élevés en gaine et seront installés dans le jardin grainier dès que les plants auront un développement suffisant.

Ce travail préliminaire a donc permis d'amplifier quelques lots de semences. D'autres lots sont en cours d'amplification. Les travaux de recherche proprement dits portant sur la détermination des propriétés germinatives des graines (réponse à la température, effets de la scarification mécanique, chimique, réponses à l'aridité simulée) vont pouvoir commencer.

Tableau 11 : Date de semis et état de la culture au 12.08.1993 des différents lots de graines utilisés

Lots	Date semis	Etat de la culture (12.08.1993)
<i>Aeschynomene sensitiva</i>	08.04.93	Placette installée (22 plants) ▪ en
<i>Aeschynomene tambacoundensis</i>	20.04.93	production grainière
(945)	31.03.93	Placette installée (11 plants) ▪ état végétatif
<i>Casais obtusifolia</i>	17.04.93	Placette installée (22 plants) ▪ en
<i>Casais occidentalis</i> (Thyssé-Kaymor)	05.08.93	production grainière
<i>Crotalaria retusa</i> (Jardin Botanique)	07.08.93	Placette installée (22 plants) ▪ floraison
	20.04.93	Elevage en pépinière
	31.03.93	Elevage en pépinière
<i>Indigofera astragalina</i>	05.08.93	Placette installée (22 plants) ▪ floraison
<i>Indigofera senegalensis</i> (925)	05.08.93	Placette installée (15 plants) ▪ floraison
<i>Indigofera tinctoria</i> (Mbour)	08.04.93	Elevage en pépinière
<i>Rhynchosia sp.</i> (933 - Bel Air)	05.08.93	Elevage en pépinière
<i>Stylosanthes mucronata</i>	05.08.93	Placette installée (22 plants) ▪ en
<i>Tephrosia sp.</i> (979)		production grainière
<i>Tephrosia sp.</i> (938)		Elevage en pépinière
<i>Tephrosia purpurea</i> (934)		Elevage en pépinière

IV. ANALYSES BIOCHIMIQUES ET MICROBIOLOGIQUES

1. Analyses biochimiques et biologiques des échantillons de sols.

L'analyse biochimique et biologique des sols a comme finalité de caractériser l'environnement biochimique et microbiologique dans lequel se déroulent la colonisation, l'infection et la fixation de l'azote par le *Rhizobium*.

1.1. Echantillonnage

Au cours de la mission commune au Sénégal du 26 octobre au 3 novembre 1992, un total de 26 échantillons de sol a été prélevé dans la région du Ferla :

- au niveau de la rhizosphère de *l'Acacia tortilis* et de *Balanites aegyptiaca* dans les stations expérimentales de Souilène et Dahra.
- dans un site très salé de la région de Diama, présentant une végétation spontanée de *Prosopis sp.* et *d'Acacia nilotica*.

En Tunisie on a décidé de concentrer notre attention sur la Station du Bled Thala où sera installée l'instrumentation nécessaire à la réalisation de la partie écophysiological du projet. Des échantillons de sol ont été prélevés dans la rhizosphère *d'Acacia tortilis*. Nous avons aussi prélevé des échantillons de la rhizosphère de *l'Astragalus armatus*, légumineuse très commune dans la région de Gabès. Au total 20 échantillons ont été prélevés.

1. 2. Paramètres analysés.

Les paramètres analysés ont été:

- pH-H₂O
- pH - KCl.
- activités enzymatiques :

la protéase (mg Tyr/g ds/h) est estimée par hydrolyse de la Caséine pendant 1 heure d'incubation du sol à 52°C à pH 8.1. La production d'acides aminés est extrapolée à partir d'une courbe d'étalonnage construite avec différentes concentrations de Tyrosine.

la phosphatase (mg PNP/g ds/h), qui hydrolyse le P organique en P inorganique assimilable par les plantes, est analysée en suivant l'hydrolyse du p-Nitrophénylphosphate en p-Nitrophénol pendant 1 heure à 37 °C et pH 5.4.

la glutaminase (mg NH₄⁺/g ds/2h), amidohydrolase très importante pour fournir l'azote aux plantes, est estimée par l'hydrolyse de la L-glutamine pendant 2 heures d'incubation à 37 °C et pH 10.

l'uréase (mg NH₄⁺/g ds 2h) est estimée en suivant la production de NH₄⁺ à partir de l'urée pendant 2 heures d'incubation à 37 °C et pH 9.0.

- P assimilable (mg P/g ds)
- C-CO₂ dans 10 jours (mg CO₂/g ds)
- C-de biomasse microbiologique (mg C/g ds) est estimée par la méthode de fumigation-incubation
- ATP (m mol/g ds) est estimée après, extraction acide, par la méthode de la luciférine-luciférase.
- NH₄⁺ assimilable (mg NH₄⁺/g ds)
- qC02 (ng C-CO₂/h/mg C-biomasse) qui est le rapport de la quantité de CO₂ produit dans l'unité de temps et le C-de biomasse microbiologique, est estimée avec la production de CO₂ pendant 24 heures à 25°C

3. Résultats

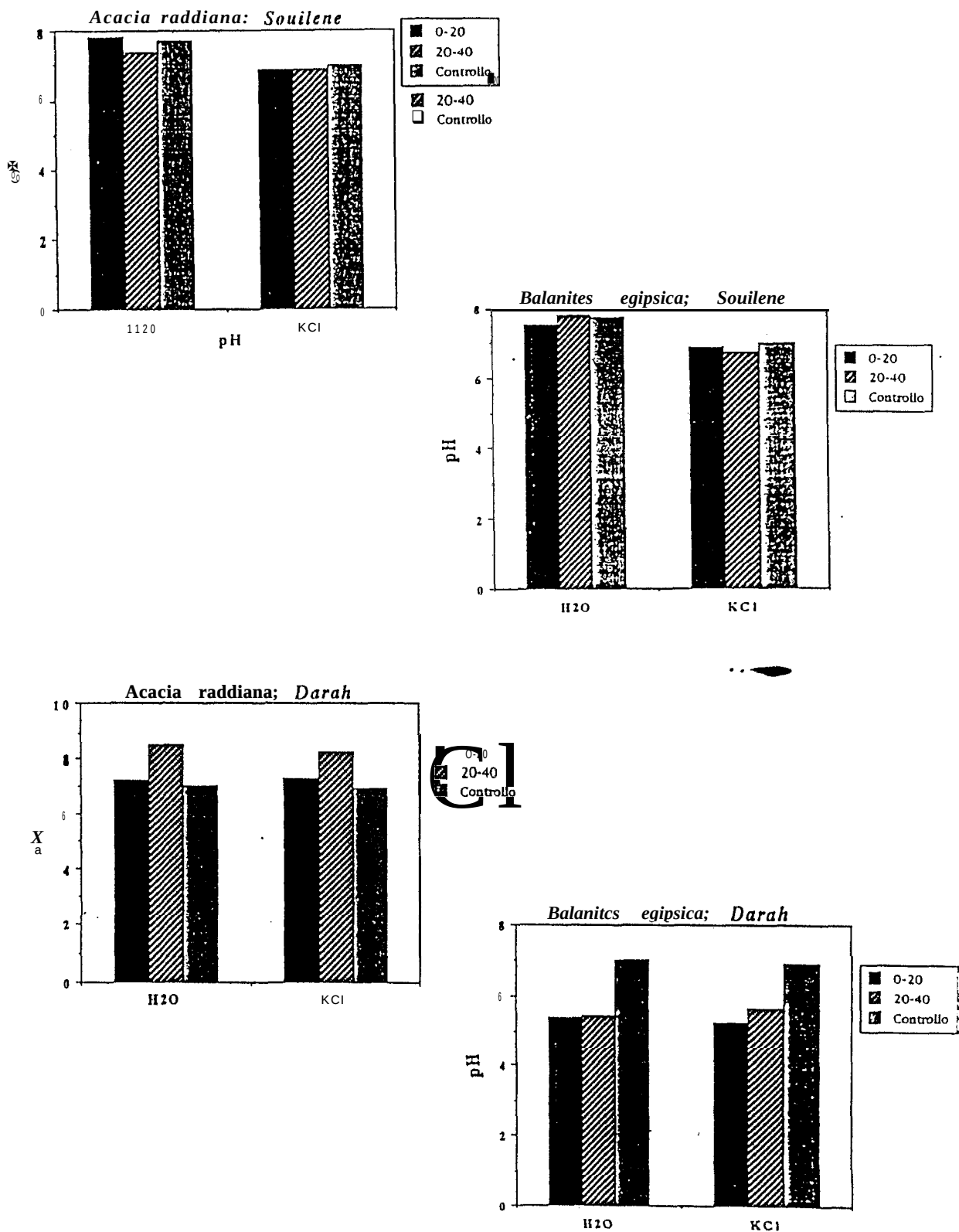
Sénégal

pH

Le sol non-rhizosphérique de la Station de Souilène a un pH (H₂O) presque neutre, avec une tendance à l'alcalinité ; la mesure avec le KCl donne un pH sub-acide, avec une acidification de presque 0.5 points de pH (Fig. 17, C et D). On a mesuré le pH des échantillons de sol rhizosphérique pris à 0-20 et 20-40 cm à la base de *l'Acacia tortilis* et du *Balanites aegyptiaca*. La présence des racines ne semble pas influencer le pH étant données les variations très faibles par rapport aux échantillons du témoin. La mesure du pH avec KCl donne aussi des valeurs qui sont 0.5 unités de pH plus acide.

La situation est différente dans la Station de Dahra (Fig. 17, A et B). Les deux espèces déterminent des situations différentes. Le sol rhizosphérique de *l'Acacia tortilis* montre une alcalinisation par rapport au sol témoin, surtout dans la strate 20-40 cm. Ici la différence avec le sol témoin est de 1.4 points de pH (de 7.1 à 8.5). Au contraire, les sols de la rhizosphère de *Balanites aegyptiaca* sont beaucoup plus acides que les sols des témoins (le pH descend de pH

Figure 17



7.1 à pH 5.4.) à O-20 comme à 20-40 cm. En définitive, les sols rhizosphériques de l'*Acacia* et du *Balades* présents dans le site de Dahra ont une différence de presque 3.0 points de pH. Cette différence détermine un habitat tout à fait différent pour la fraction microbiologique et pour les activités des enzymes exocellulaires.

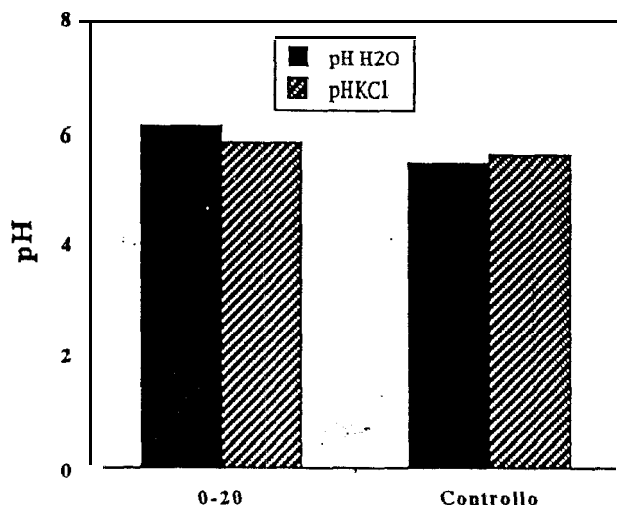


Figure 18

Le sol de la station salée sont acides et la présence des racines change faiblement le pH (de pH 5.4 à 6.1 dans H₂O) (Fig. 18).

ACTIVITES ENZYMATIQUES

Les sols à Souilène et Dahra sont très sableux, avec un profil uniforme pas différencié, où on ne peut pas reconnaître la zone organique. L'absence presque total de colloïdes organo-minéraux ne confère pas de structure à ces sols, et ne permet pas la conservation de l'eau et l'adsorption des éléments nutritifs minéraux.

En général, on peut dire que les activités biochimiques et biologiques sont très faibles, typiques des sols pauvres en substance organique et présentant des problèmes structuraux.

Nous avons rencontré des situations différentes dans le sol rhizosphérique de l'*Acacia* et du *Balanites*.

1) Sous *Acacia tortilis*

Les sols rhizosphériques et les sols non influencés par les racines ont une activité enzymatique très basse. Sous *Acacia* la phosphatase et l'uréase sont toujours plus élevés dans le sol témoin, au niveau de la rhizosphère elles sont plus actives dans la strate O-20 que dans la strate 20-40. Cette situation est presque la même à Souilène et Dahra (Fig. 19 et Fig. 20).

Les activités des enzymes qui sont importantes pour la minéralisation de l'azote de la matière organique dans le sol, la protéase et L-glutaminase, sont plus actives dans les échantillons de sol rhizosphérique que dans le témoin. Il est possible que ce résultat soit dû à l'environnement de la région de la racine qui est plus riche en matière organique produite par les plantes et par les micro-organismes. D'un autre côté on doit remarquer que les activités sont très basses et que les différences rencontrées ne sont probablement pas significatives.

Figure 19.

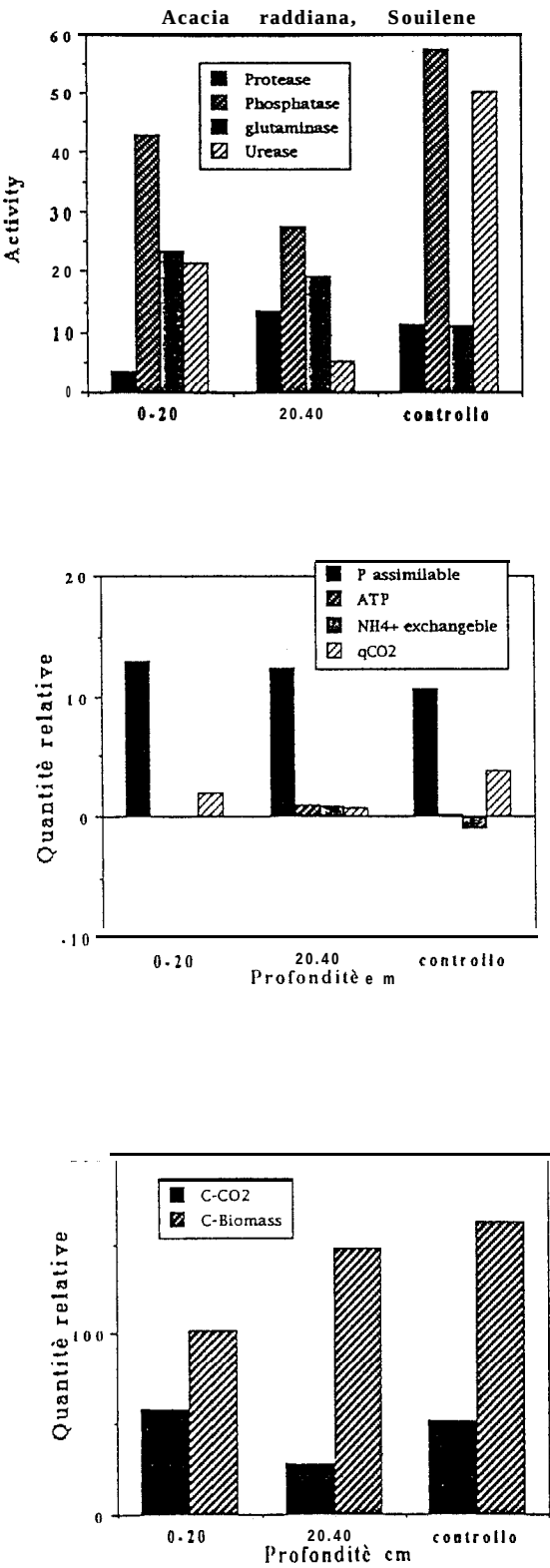
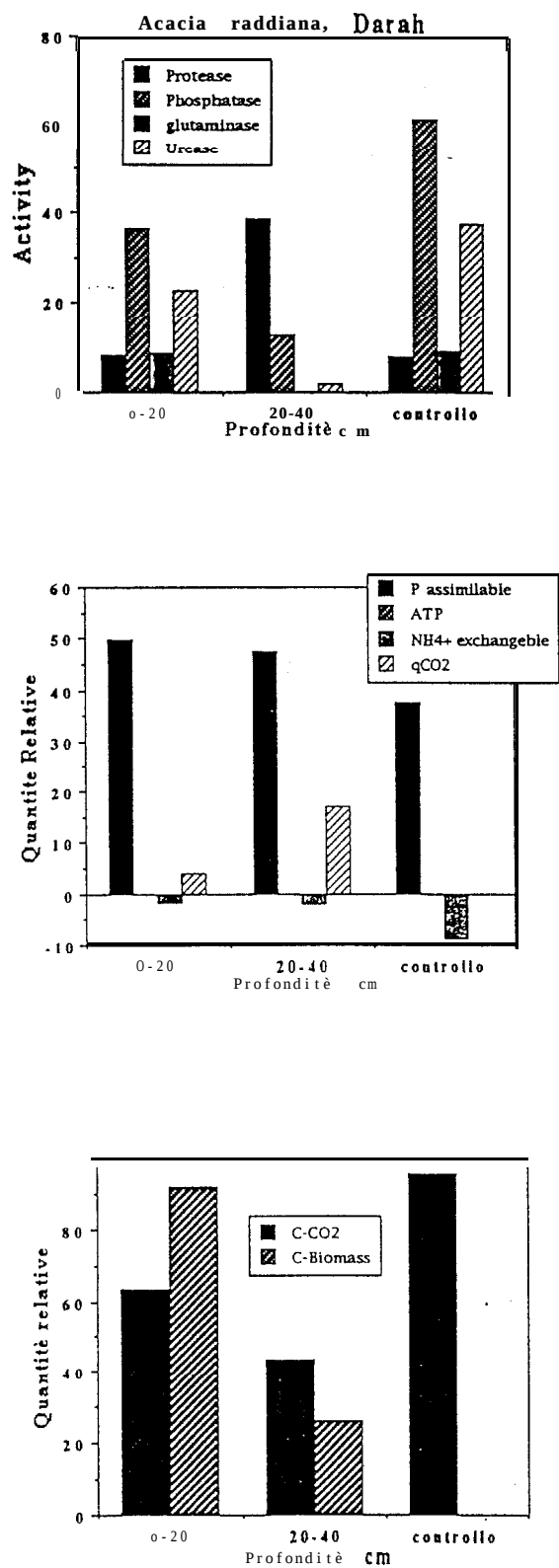


Figure 20



L'activité de la biomasse microbienne est très faible, c'est-à-dire que la microflore présente dans le sol est en repos. Il est intéressant de remarquer qu'il n'y a pas la possibilité pour le NH_4^+ produit par la dégradation de la matière organique de s'accumuler dans le sol ; la quantité de NH_4^+ échangeable est toujours nulle ou négative. Ce résultat reflète la basse qualité des sols qui sont sableux et avec un contenu de matière organique pratiquement inexistant.

2) Sous *Balanites aegyptiaca*

La zone racinaire de *Balanites* est aussi très pauvre mais les résultats montrent une situation tout à fait différente entre Souilène et Dahra (Fig. 21 et Fig. 22). En effet certains paramètres que nous avons choisis sont plus élevés dans les sols rhizosphériques de Dahra qui, on le rappelle, sont plus acides que les sols de Souilène. La phosphatase montre une activité plus élevée parce que le sol rhizosphérique a un pH proche de son optimum (qui est 5.0). Nous avons constaté aussi une bonne activité de la L-glutaminase mais l'activité de l'uréase est très faible. A Dahra, en comparaison avec la même plante à Souilène, la rhizosphère du *Balanites* a un contenu élevé de P assimilable (le phosphore est plus soluble à pH acide) et un quotient de respiration plus élevé dû à une meilleure vitalité de la microflore du sol

3) Sous *Acacia nilotica*

La situation du sol de la rhizosphère de l'*Acacia nilotica* poussant dans un environnement salé (Fig. 23) est très différente : l'activité de la phosphatase est très élevée, semblable à un sol de la zone de la Mer Méditerranée ; la quantité de P soluble est inversement proportionnelle à l'activité de la phosphatase (elle est plus basse dans l'échantillon ayant une activité élevée de l'enzyme). En effet à un contenu élevé de P correspond une faible activité de la phosphatase et *vice versa*.

La quantité de NH_4^+ échangeable est très élevée en comparaison avec le contrôle, ce qui indique une activité élevée de la biomasse microbienne qui détermine une production significative d'azote minéral. Les caractéristiques structurales du sol sont meilleures et permettent la rétention de l'azote minéral. Ce résultat est confirmé par la biomasse qui est trois fois plus élevée dans la rhizosphère de l'*Acacia nilotica*, avec une production de CO_2 qui est plus du double que dans le témoin.

Tunisie

Nous avons également commencé l'analyse des sols de la Tunisie mais les résultats sont encore très partiels et seront présentés dans le prochain rapport.

Figure 2 1

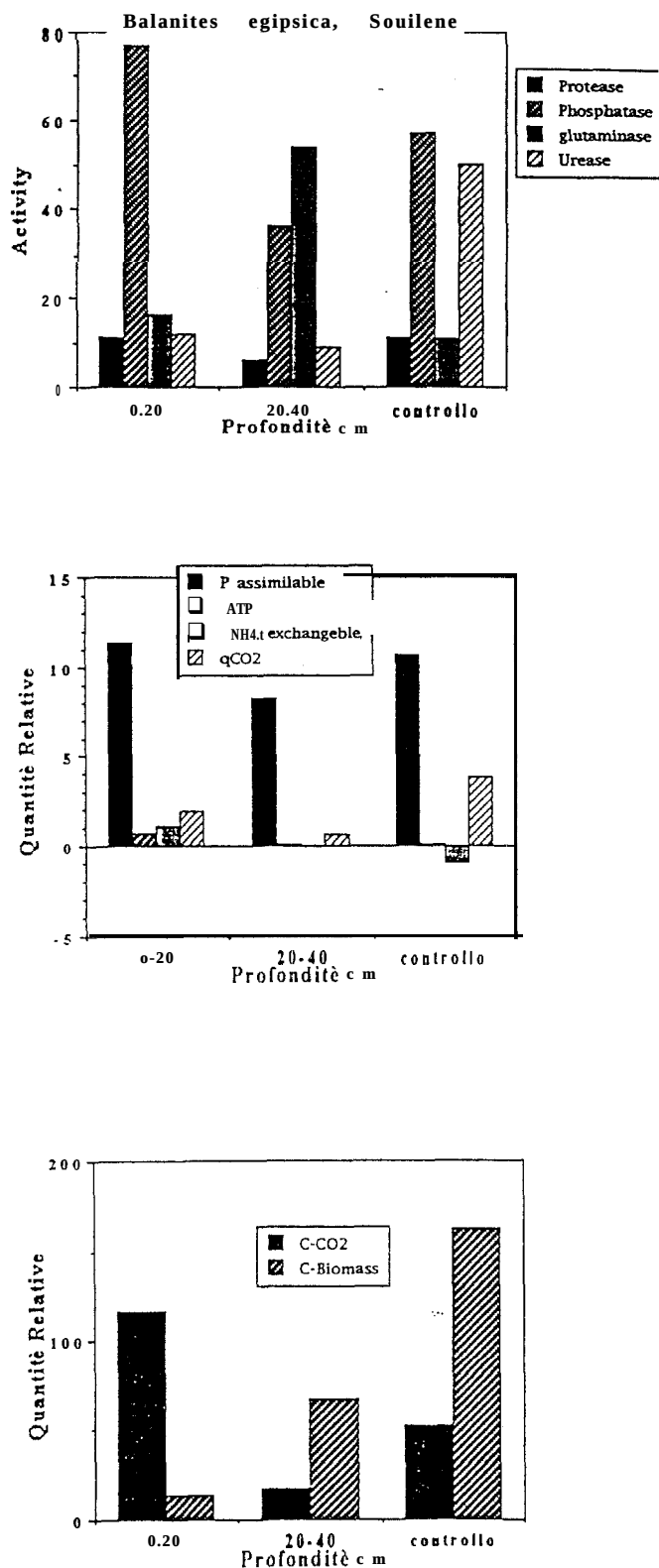


Figure 22

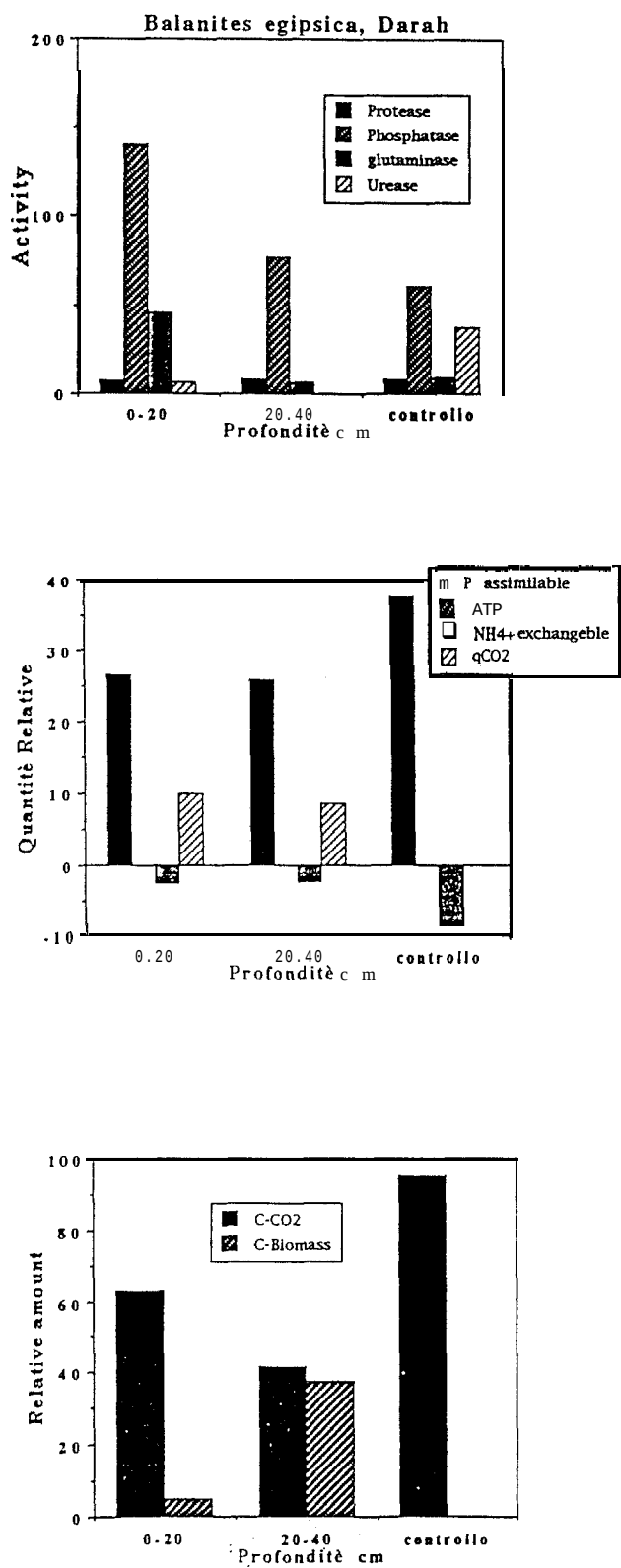
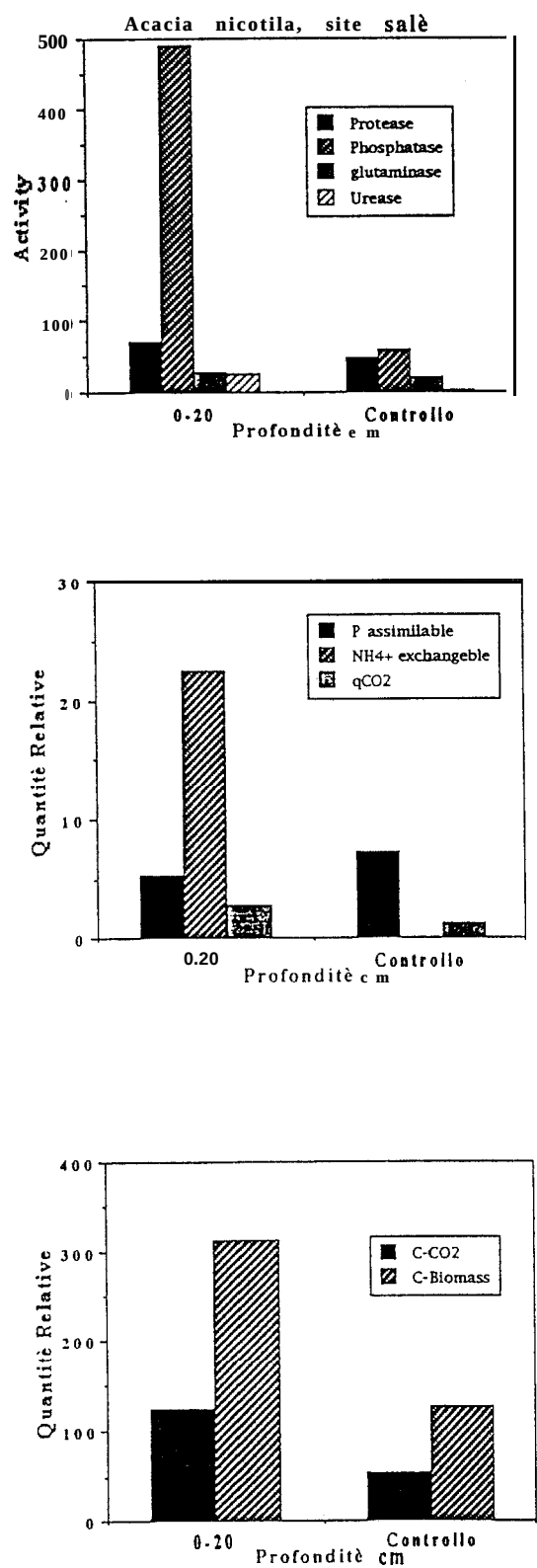


Figure 23



2. Isolement et caractérisation des *Rhizobium*

2.1. Missions de prospection

Au cours des prospections, deux types de prélèvements ont été effectués en vue de l'isolement des *Rhizobium* :

- chaque nodule trouvé *in situ* a été immédiatement placé dans un tube contenant un desséchant, (afin de limiter les contaminations par des champignons).
- des échantillons de sol ont été prélevés dans la zone rhizosphérique de chaque légumineuse pour laquelle il n'a pas été possible de mettre en évidence de nodules. Ces sols ont été conservés dans des sacs fermés hermétiquement et placés en chambre froide dès l'arrivée au laboratoire.

Au total, 34 échantillons de nodules de racine, 6 échantillons de nodules de tige et 105 échantillons de sols ont été récoltés au Sénégal ; 42 échantillons de nodules et 64 échantillons de sol ont été récoltés en Tunisie.

2.2. Isolements bactériens

Les nodules trouvés *in situ* sont broyés stérilement au laboratoire, après réhydratation et stérilisation superficielle ; les isolements sont effectués à partir d'une goutte de broyat étalée sur milieu YEM gélosé en boîte de Petri.

L'isolement à partir des échantillons de sol est effectué par la technique de "piégeage" sur plante en tubes : des germinations axéniques de la légumineuse, cultivées en tubes stériles, sont inoculées avec une suspension du sol prélevé sous cette légumineuse ; les nodules qui apparaissent, après 3 à 4 semaines, sont traités comme les nodules récoltés *in situ*.

Après purification, les isolats obtenus sont contrôlés pour leur aptitude à renoduler la plante d'origine, puis conservés dans le glycérol à - 80 °C, après attribution d'un numéro de collection.

Le tableau 12 donne la liste des 148 premiers isolats mis en collection (113 du Sénégal, 35 de Tunisie). Ces isolats correspondent pour la plupart à des isolements effectués par piégeage à partir d'échantillons de sols (qui ont été traités prioritairement, car ils se conservent moins bien que les nodules gardés secs en tubes). Les plantes choisies pour les piégeages correspondaient aux plantes présentes sur le lieu de prélèvement du sol, ainsi que, pour certains sols, *Neptunia oleracea* qui est une légumineuse capable de noduler avec des *Rhizobium* très différents. De nombreux autres isolats sont en cours de purification et de contrôle.

Tableau 12.- Isolats obtenus dans le cadre du projet, mis en collection :

Site de prélèvement	Plante d'isolement	Numéro ORS
Sénégal		
16 - Mbouba	<i>Acacia tortilis</i>	1249,1250,1251
	<i>Indigofera senegalensis</i>	98 1, 982, 983, 984, 985, 986, 987
18 - Baborel	<i>Acacia seyal</i>	913, 914, 917, 918, 919, 920, 921
	<i>Neptunia oleracea</i>	922, 923, 924
19 - Boke Namadi	<i>Indigofera senegalensis</i>	925, 926, 989, 1216, 1217, 1218, 1219, 1220
22 - Gueye Kadar	<i>Acacia seyal</i>	927, 928, 930
23 - Gueye Kadar	<i>Acacia tortilis</i>	1243,1245,1246
	<i>Acacia seyal</i>	932, 933, 934
	<i>Hhynchosia sp</i>	935, 936, 937, 938
	<i>Indigofera senegalensis</i>	973, 974, 975, 976, 977, 978, 979, 980
24 - Revane	<i>Indigofera senegalensis</i>	949, 950, 95 1, 969, 970, 97 1, 972
27 - Bourel	<i>Tephrosia sp.</i>	86, 87, 88,89, 90, 91, 952
	<i>A. seyal</i>	954, 955
	<i>N. oleracea</i>	939, 940, 941
29 - Yonoféré	<i>A. seyal</i>	942, 943, 944, 953, 988
37 - Payar	<i>Indigofera astragalina</i>	84, 85, 12 13, 12 14, 12 15, 1228, 1229
43 - Tiel	<i>Acacia seyal</i>	945, 946, 947,948, 1221
58 - vers Diama	<i>Acacia tortilis</i>	1230
59 - vers Diama	<i>Acacia tortilis</i>	1231, 1232, 1233, 1234, 1235, 1236, 1237, 1238, 1239, 1240
	<i>Acacia seyal</i>	956, 957,958
	<i>Neptunia oleracea</i>	959, 960, 961
61 - Souilène	<i>Acacia tortilis</i>	1241
	<i>Acacia seyal</i>	1222, 1223, 1224, 1225, 1226
63 - Vendou Thiengoly	<i>Acacia seyal</i>	92
65 - Dahra	<i>Acacia seyal</i>	966, 967, 968, 1227

Tunisie

1407

<i>Argyrolobium uniflorum</i>	11400, 1401, 1402, 1403, 1405, 1406,
<i>Lotus creticus</i>	1409, 1410, 1411, 1412
<i>Retamaræ tam</i>	1413, 1414
<i>Ononis natrix</i>	1416, 1417, 1418
<i>Astragalus algerianus</i>	1410, 1420, 1421, 1422
<i>Acacia tortilis</i>	1423, 1424, 1425, 1426, 1427, 1428, 1429, 1430
<i>Hedysarum carnosum</i>	143 1, 143 2
<i>Medicago sativa</i>	1433, 1434, 1435, 1436

2.3. Caractérisation des isolats

Les études de caractérisation des *Rhizobium* répondent à deux objectifs :

- analyser la diversité des *Rhizobium* présents dans les différentes zones géographiques prospectées, associés aux différentes légumineuses rencontrées ;
- comparer le comportement des différentes souches de *Rhizobium*, en fonction de l'aridité, de la salinité et de l'acidité du milieu.

Différentes techniques ont été mises en oeuvre; certaines étaient déjà utilisées en routine dans les laboratoires de Microbiologie de l'Université de Viterbo et de l'ORSTOM de Dakar, d'autres nécessitaient une mise au point méthodologique. Celle-ci a été effectuée sur 44 souches de référence (tableau 13) bien connues car ayant fait l'objet d'une étude taxonomique approfondie qui a mis en évidence trois nouvelles espèces de *Rhizobium* (de Lajudie et al., 1992, 1993). Elle a permis de plus de comparer les souches de *Rhizobium* d'*Acacia* appartenant aux collections des laboratoires de Viterbo (souches VT) et de Dakar (souches ORS).

Les travaux de caractérisation de cette première année ont porté principalement sur 35 isolats obtenus à partir de nodules d'*Acacia tortilis*. Au niveau des études physiologiques l'accent a été mis particulièrement sur les souches isolées des sols des trois sites caractérisés biochimiquement (sites 58/59, 61 et 63).

Tableau 13.-. Souches originaires du Sénégal utilisées comme souches de référence :

Laboratoire	Groupe taxonomique	Plante d'isolement	Numéro de collection
ORSTOM	Groupe SA	<i>Acacia tortilis</i>	ORS 929, 1045
		<i>Acacia senegal</i>	ORS 1013, 1025, 1071, 1072, 1073
		<i>Acacia laeta</i>	ORS 1007, 1009, 1016
		<i>Acacia horrida</i>	ORS 1047
		<i>Acacia mollissima</i>	ORS 1057, 1058
	Groupe S	<i>Sesbania pachycharpa</i>	ORS 600
		<i>Sesbania cannabina</i>	ORS 609
		<i>Sesbania grandiflora</i>	ORS 6 11
	Groupe A	<i>Acacia senegal</i>	ORS 1001, 1004, 1010, 1014, 1015, ORS 1018, 1020, 1024, 1026, 1029, ORS 1030, 1031, 1032, 1035, 1036, ORS 1037, 1038, 1040, 1046
		<i>Acacia seyal</i>	ORS 1088
	Groupe S	<i>Prosopis juliflora</i>	Pj 12
		<i>Prosopis juliflora</i>	Pj 12
DABAC-VT		<i>Acacia tortilis</i>	At1, At2
		<i>Acacia senegal</i>	As1, As3
		Isolement direct	
		sur graine de <i>Faidherbia albida</i>	Aasemi
		<i>Prosopis juliflora</i>	Pj1
		<i>Prosopis cineraria</i>	Pc1

Etude du spectre d'hôte

L'étude du spectre d'hôte consiste à tester sur quelles espèces végétales une souche de *Rhizobium* parvient à former des nodules et fixer l'azote.

Les plantes sont cultivées en conditions axéniques dans des tubes contenant du milieu Jensen gélosé (Vincent, 1970). L'activité fixatrice d'azote est estimée par la mesure de l'activité réductrice d'acétylène (Hardy *et al.*, 1968).

Ce travail est actuellement en cours pour les 35 souches isolées d'*A. tortilis* à partir de sols du Sénégal et de Tunisie.

Par ailleurs, afin de disposer de suffisamment de graines pour ces études du spectre d'hôte, des semis d'*Indigofera astragalina*, *I. senegalensis*, *I. tinctoria*, *Rynchosia sp.* ,

Stylosanthes mucronata et *Tephrosia purpurea* ont été mis en place en buses pour la production de semences.

Tests phénotypiques

La capacité d'assimilation de 147 substrats comme source de carbone (49 carbohydrates, 49 acides organiques et 49 aminoacides) est testée au moyen de galeries commerciales (galeries API 50CH, API 50A0 et API 50AA). Les galeries sont inoculées avec des cultures âgées de 36 heures sur milieu YM gélosé ; elles sont ensuite incubées à 30 °C. Les lectures sont effectuées après 1, 2, 4 et 7 jours ; les résultats sont notés suivant le code établi par Kersters et *al.* (1984).

Une première série de résultats a été traitée par analyse numérique par le Professeur K. Kersters à Gand (Belgique), en incluant des représentants des différentes espèces de *Rhizobium* connues. Le niveau de similarité entre les souches a été calculé en utilisant un coefficient de similarité dérivé du coefficient de Cambera (dCANB). Les souches ont ensuite été regroupées en utilisant la méthode "d'unweighted average pair group" (Sneath and Sokal, 1973), le programme clustan 2.1 de Wishart (Wishart, 1978) et un ordinateur Siemens 7570-C.

La plupart des souches de la collection de l'Université de Viterbo (= souches VT) se retrouvent au sein de *R. teranga* (= groupe A, constitué de souches isolées d'*Acacia spp.*).

Les souches isolées de sols tunisiens sont assez groupées, à proximité de *R. galegae* (= groupe SA, constitué de souches isolées d'*Acacia spp.* et de *Sesbania spp.*) et de Bam et ORS 6 15, deux souches de sols sénégalais qui étaient jusqu'à présent taxonomiquement isolées. Cinq des souches (ORS 1402, 1403, 1413, 14 17, 1422) ont une position plus ou moins isolée.

Pour un certain nombre de souches l'analyse numérique des résultats est en cours.

Profils protéiques (SDS-PAGE)

L'étude des profils protéiques est une des techniques qui nous a permis de mettre en évidence l'existence au Sénégal de nouvelles espèces de *Rhizobium*, en collaboration avec le Laboratoire de Microbiologie de l'Université de Gand (contrat CEE/ORSTOM TS2*0169-F(EDB)). Cette technique est en cours de mise en place au laboratoire de l'ORSTOM à Dakar afin de faciliter l'analyse des souches isolées dans le cadre de ce projet. Nous souhaitons en particulier caler la méthode sur celle utilisée au laboratoire de Microbiologie de Gand, afin de pouvoir comparer les résultats, échanger des informations et profiter de la base de données qui existe dans ce laboratoire.

Les souches sont cultivées à 28 °C pendant 48 heures dans des fioles de Roux sur milieu TY. Les protéines totales sont extraites et les profils électrophorétiques sont réalisés en utilisant la procédure de Laemmli (1970) modifiée par Kiredjian *et al.* (1986), puis analysés selon Pot et *al.* (1989, 1992).

Une première analyse des profils protéiques des 35 isolats de *Rhizobium d'A. tortilis* cités plus haut montre que ceux-ci se répartissent *a priori* dans les différents groupes de *Rhizobium* déjà connus.

RAPD

La technique de RAPD (Random Amplified Polymorphic DNA) (Williams et *al.*, 1990) est actuellement en plein développement pour les études de diversité, du fait notamment de sa rapidité, de son universalité et de son pouvoir discriminant. Nous mettons en place cette technique à Dakar. Les résultats sont encore insuffisants pour être significatifs, mais les premiers renseignements obtenus sur les souches d'*Acacia tortilis* montrent des profils différents selon les souches.

Résistance à la salinité.

COMPARAISON DE DIFFERENTES METHODES POUR L'EVALUATION DE LA RESISTANCE A DE FORTES CONCENTRATIONS EN NaCl.

Trois méthodes différentes reportées dans la littérature ont été expérimentées pour évaluer la résistance intrinsèque des *Rhizobium* à la salinité :

1) Milieu TY sur boîte. 90 µl de culture liquide de 48 heures ont été inoculés à la surface de boîtes de TY (tryptone, extrait de levure) contenant du NaCl aux concentrations suivantes : 0 (contrôle) 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5 et 3 %. Les résultats ont été considérés après 72 heures d'incubation comme positifs en cas de croissance identique au contrôle (colonies confluentes). En cas de présence de micro-colonies séparées, on a considéré la concentration correspondante comme concentration limite.

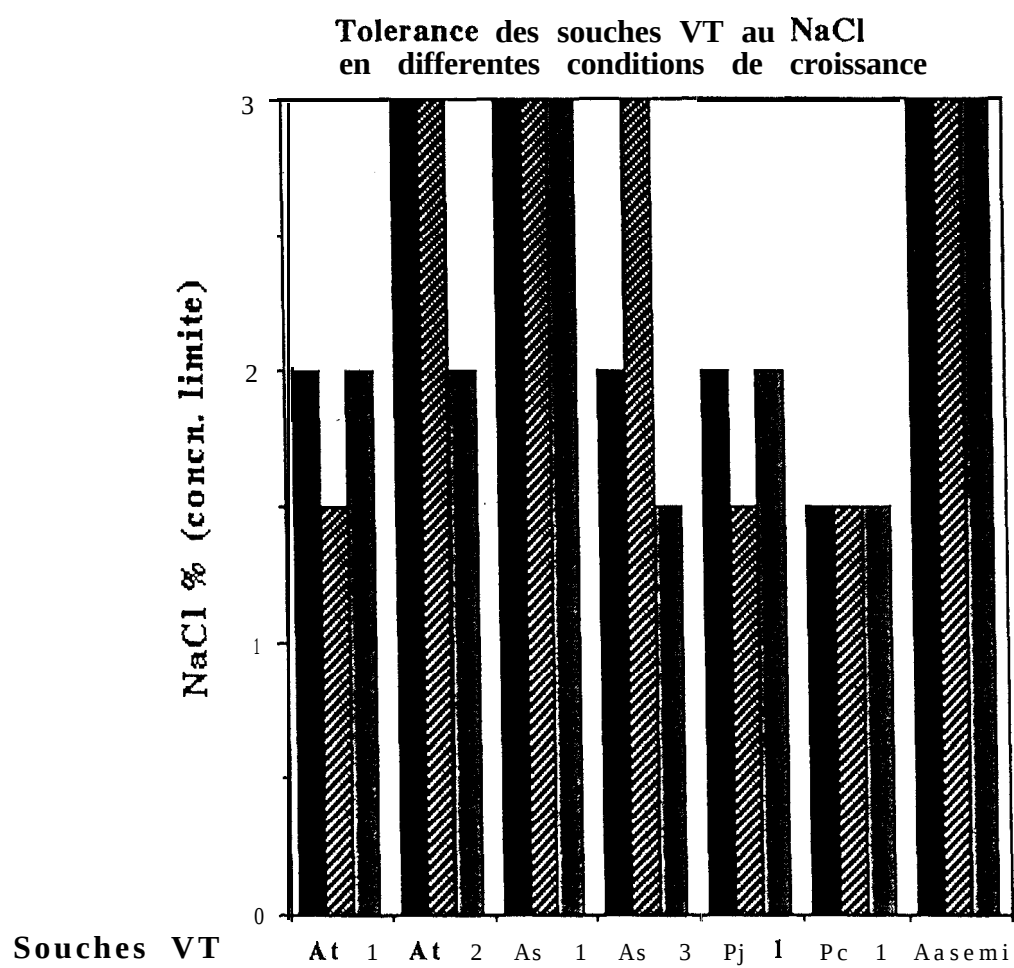
2) Milieu YEM sur boîte. Une deuxième expérience a été effectuée sur les mêmes souches en les repiquant sur YEM (extrait de levure et mannitol) gélosé contenant 0.01 (contrôle), 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5 et 3 % de NaCl ; le repiquage a été effectué à l'aide de bâtonnets en bois stériles (Bio-Mérieux, France) à partir de colonies sur YEM de 72 heures. En ce cas les résultats ont été évalués en comparant les dimensions des colonies par rapport au contrôle après 72 heures d'incubation.

3) Milieu YEM en culture liquide. La résistance au sel en YEM liquide a été évaluée en mesurant la densité optique (à 540 nm) des cultures inoculées (1 %) en tubes avec 8 ml YEM contenant 0.01, 1, 1.5, 2 % NaCl ; les lectures ont été effectuées pendant 4 jours toutes les 24 heures. Les souches de la collection de Viterbo ont été testées jusqu'à une concentration de 4 %. La courbe de croissance de trois souches VT (At2, As3 et Pcl) a été suivie plus précisément, à différentes concentrations en sel, à l'aide d'un phototurbidimètre qui enregistre continuellement la densité optique pendant la croissance.

Les souches VT ont été testées par les trois méthodes décrites ; la figure 24 montre les concentrations limites au dessous desquelles on n'a enregistré aucun accroissement. Les méthodes donnent des résultats différents pour la même souche. Cela peut être dû à la présence de sources de carbone différentes (Elsheikh and Wood 1989). Il est possible aussi que les différences soient causées par une sensibilité différente des méthodes utilisées.

Il est intéressant de remarquer que les souches As1 et Aasemi tolèrent une concentration de NaCl respectivement de 3.5 et 4 % (données non montrés). On n'a pas testé Aasemi sur une

Figure 24



concentration supérieure à 4.%. Les autres micro-organismes oscillent entre 1.5 et 2 %, At2 et As3 montrant une tolérance au 3 % sur milieu gélosé.

Les données les plus diffusées dans la littérature décrivent des limites de tolérance au sel qui varient de 0.5 % à 2 % (Rai 1983) mais on a observé aussi des souches résistantes à 3 et 5 % de NaCl (Hua 1982 ; Saxena et Rewari 1992).

La méthode en milieu liquide a été choisie comme méthode principale pour la suite de l'étude parce que c'est la seule qui permette de suivre le comportement des micro-organismes pendant l'incubation et de donner des résultats quantitatifs de l'inhibition au sel. Toutes les souches ont été ou sont en train d'être analysées par cette méthode. Les résultats obtenus par cette méthode pour les souches du groupe VT et celles isolées d'*A. tortilis* sont présentés ci-après (cf Tolérance)

La méthode sur YEM gélosé permet cependant d'effectuer un screening préliminaire rapide ; les résultats obtenus pour les souches de la collection ORS sont présentés ci-après (§ screening)

TOLERANCE AU SEL DES SOUCHES VT ET DES SOUCHES ISOLEES D'A. TORTILIS

Les souches VT et les isolats d'*Acacia tortilis* provenant des sites visités pendant la prospection au Sénégal (novembre 1992) ont été étudiées pour leur résistance au sel en milieu liquide (YEM contenant 0.0, 1, 1.5, 2 % NaCl). Normalement la densité optique à 540 nm (Tableau 14) des cultures décline avec l'accroissement du NaCl et la plupart des souches provenant des sols salées ou arides poussent à 1.5 % NaCl. Les isolats des sols arides, As1 et Aasemi, montrent une stimulation par une plus haute concentration de NaCl. Onze isolats d'*A. tortilis* seulement tolèrent une concentration de 2 %

La D.O. mesurée après 24, 48 et 72 heures d'incubation à différentes concentrations de NaCl a montré que l'effet du sel influence surtout la phase exponentielle de la croissance en la ralentissant d'environ 24 heures par rapport au témoin (données non montrées). Ces observations ont été confirmées par les courbes de croissance obtenues sur trois souches témoins (At 1, As3, Pcl) (Fig.25) inoculées dans un thermoturbidimètre à trois différentes concentrations de sel qui correspondent pour chaque isolat, à sa limite supérieure, à la concentration moyenne et au contrôle. Dans tous les cas c'est la durée de la phase de latence qui est prolongée, de 5 heures pour le témoin à 30-35 heures pour la concentration de sel limite ; on ne trouve pas, par contre, de grandes différences parmi les temps de génération.

SCREENING PRELIMINAIRE DES SOUCHES DE REFERENCE DE LA COLLECTION ORS SUR YEM GELOSE

Deux différents niveaux d'accroissement des colonies sur le YEM salé ont été pris en compte : un premier niveau semblable au contrôle (considéré comme concentration optimale), et un deuxième à la concentration de sel supérieure qui montrait une inhibition visible et au dessus duquel on n'avait plus d'accroissement (concentration limite). Globalement, les souches ORS montrent une tolérance au sel jusqu'à 1.5 % (concentration limite) sur YEM solide (Fig.26). Une souche seulement (ORS 1015, appartenant au groupe A) tolère 2 % de NaCl.

En général les souches du groupe A montrent une plus grande variabilité de comportement par rapport aux souches des groupes S et SA. Seulement 5 souches sur 20 du

Tableau 14

Tolérance des Rhizobium spp. au NaCl mesurée comme densité optique (A 540) après 72 h d'incubation.
Entre parenthèses le pourcentage de croissance comparé au contrôle.

ORIGINE	SOUCHE	NaCl			
		0,01 %	1%	1,5 %	2 %
sol salé I	58C	0,19 (100)	0,17 (89)	0,16 (84)	0,18 (95)
	1230	1,15 (100)	0,62 (53)	0,35 (30)	0,35 (30)
sol saléII	123 1	0,27 (100)	0,20 (74)	0,40 (148)	0
	1232	1,20 (100)	0,28 (23)	0,43 (35)	0,42 (35)
	1233	0,39 (100)	0,15 (38)	0	
	1234	1,00 (100)	0,35 (35)	0,33 (33)	0,33 (33)
	1236	0,69 (100)	0,36 (52)	0	0
	1237	1,00 (100)	0,13 (13)	0	0
	59RA	0,25 (100)	0	0	0
	1238	0,33 (100)	0	0	0
	1239	0,69 (100)	0	0	0
	1240	0,56 (100)	0,54 (96)	0	0
s. arideI	61A	0,25 (100)	0,23 (92)	0,21 (84)	0,20 (80)
	1241	1,33 (100)	0,22 (17)	0,19 (14)	0
	61C	0,76 (100)	0,78 (102)	0,74 (97)	0,84 (110)
	61D	0,94 (100)	0,74 (79)	0,89 (95)	0,83 (88)
	61E	0,86 (100)	0,85 (99)	0,85 (99)	0,88 (102)
s. arideII	65B	0,19 (100)	0,18 (95)	0,21 (111)	0,23 (121)
	65D	0,19 (100)	0,19 (100)	0,20 (105)	0,23 (121)
	1243	0,36 (100)	0	0	0
	1245	0,94 (100)	0,33 (35)	0,22 (23)	0,15 (16)
	1246	1,15 (100)	1,05 (91)	0,29 (25)	0
	1249	1,30 (100)	0,70 (54)	0,33 (25)	0
	1250	1,25 (100)	0,43 (34)	0,23 (18)	0
	1251	1,25 (100)	0,60 (48)	0,38 (30)	0
profondité	125.5	0,84 (100)	0	0	0
	1259	1,00 (100)	0	0	0
	1260	0,85 (100)	0	0	0
	1268	0,39 (100)	0	0	0
DABAC-VT	At1	0.76 (100)	0.49 (65)	0.38 (50)	0.30 (40)
	At2	0.52 (100)	0.17 (33)	0.36 (69)	0.29 (56)
	As1	0.57 (100)	0.59 (104)	0.62 109)	0.65 (114)
	As3	0.76 (100)	0.25 (33)	0.28 (37)	0
	Aasemi	0.53 (100)	0.55 (104)	0.58 (109)	0.60 (113)
	Pj1	0.84 (100)	0.51 (61)	0.60 (7 1)	0.11 (13)
	Pc1	0.78 (100)	0.62 (80)	0.43 (55)	0

Figure 25

Tolerance des Rhizobium spp.
Souches (ORS) au NaCl sur YEM gèlosé

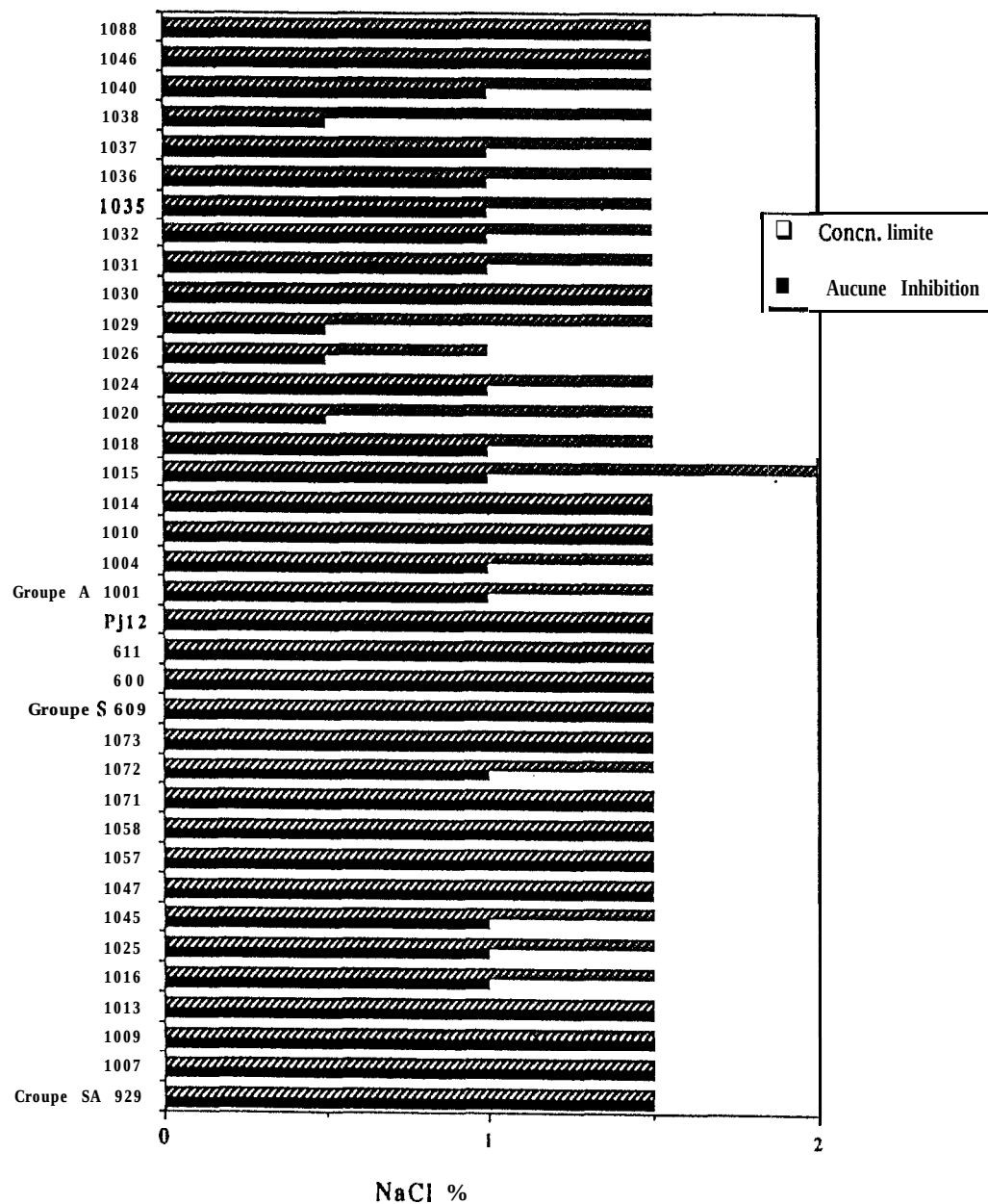
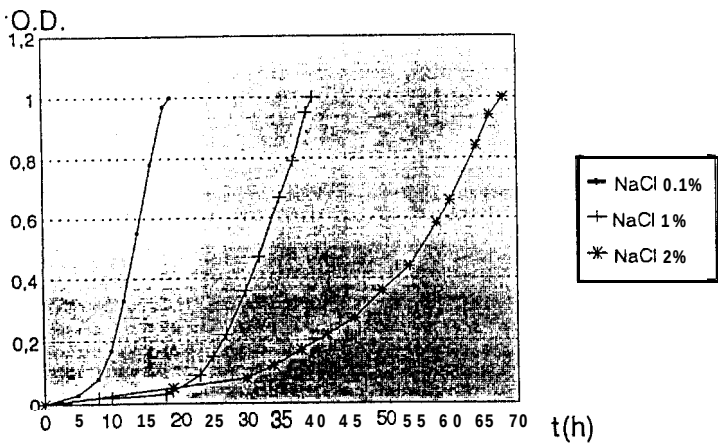


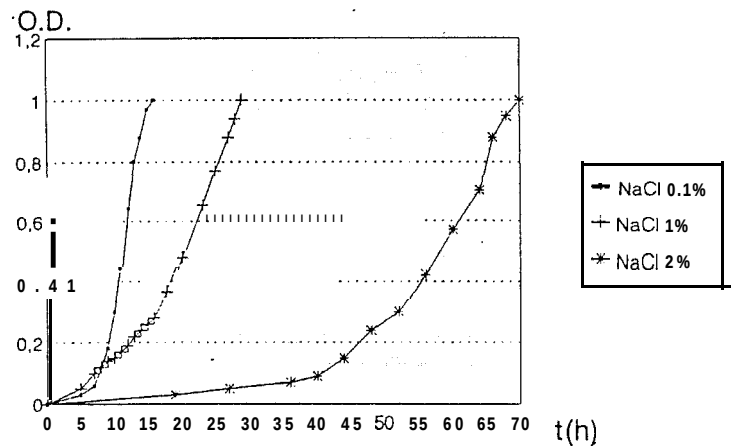
Figure 26

Courbes de croissance. des Rhizobium spp à concentrations croissantes, de NaCl.

At1 Strain



As3 Strain



Pc1 Strain

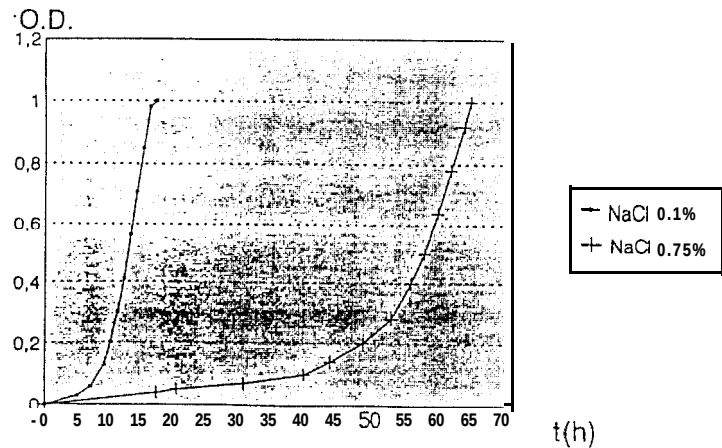


Tableau 15

Résistance des isolats aux antibiotiques

SOUCHES	ANTIBIOTIQUES									
	STR		AMP		ERY		POL		NAL	
	50	100	50	100	50	100	50	100	50	100
Atl	-	-	-	-	+	-	-	-	+	+
At2	+	+	+	+	-	-	+	+	-	-
As1	+	±	+	-	-	-	±	±	+	+
As3	+	±	+	+	±	-	+	+	±	-
Aase	±	-	+	+	+	+	+	-	±	-
Pjl	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-
Pcl	-	-	+	+	+	±	-	-	+	+
58 C	-	-	+	+	-	-	-	-	+	+
1230	-	-	-	-	-	-	-	-	+	±
123 1	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+
1232	-	-	-	-	-	-	-	-	+	±
1233	-	-	+	+	-	-	+	+	-	-
1234	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+
1236	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+
1237	-	-	+	+	-	-	-	-	+	+
1238	-	-	+	+	±	-	-	-	+	±
1239	-	-	±	-	-	-	+	+	-	-
1240	-	-	±	-	-	-	+	+	-	-
1241	-	-	±	-	-	-	-	-	+	+
61 A	+	-	+	+	-	-	-	-	±	-
61 C	-	-	+	+	+	±	-	-	-	-
61 D	±	±	+	+	+	+	-	-	+	+
61 E	-	-	+	+	+	±	-	-	±	-
65 A	-	-	+	+	+	+	-	-	+	+
65 B	+	+	+	+	-	-	-	-	+	+
65 D	+	+	+	+	-	-	-	-	+	+
1243	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1245	-	-	±	-	-	-	+	+	-	-
1246	-	-	+	+	-	-	+	+	+	±
1249	-	-	-	-	+	-	+	+	-	-
1250	+	+	±	-	+	+	-	-	-	-
1251	-	-	-	-	+	±	-	-	-	-
1255	-	-	+	+	-	-	+	+	-	-
1260	-	-	+	+	+	-	+	+	-	-

groupe A montrent un accroissement pareil au contrôle à 1.5 % NaCl (concentration optimale) tandis que les autres montrent une concentration optimale limitée à 1 ou 0.5 %.

Les isolats des groupes SA et S montrent une plus grande habilité à pousser en milieu salé : seulement 4 souches sur 17 limitent leur concentration optimale à 1 % tandis que pour les autres les concentrations de sel optimale et limite coïncident à 1.5 % NaCl.

Résistance aux antibiotiques

Neuf antibiotiques différents ont été utilisés à deux concentrations (50 et 100 µg/ml) pour déterminer le spectre de résistance des isolats. Des solutions concentrées de Streptomycine, Ampicilline, Erythromycine, Polymixine B, Acide nalydixique, Neomycine, Chloramphenicol, Kanamycine et Rifampicine ont été stérilisées par filtration et ajoutées au milieux TY (souches VT) ou Tp (tryptone, peptone, extrait de levure) (souches de la prospection) gélosés avant de les couler en boîtes. Chaque souche a été inoculé en double sur le milieu à l'aide d'un bâtonnet en bois stérile.

Les résultats obtenus pour les souches VT et les isolats d'*A. tortilis* sont indiqués dans le tableau 15.

3. Myccorhizes

3.1. Prospection de champignons mycorhiziens à arhuscules et vésicules (MAV) infectant *Acacia tortilis*.

Prélèvements de racines in vitro.

A la suite des prospections effectuées durant le premier semestre du projet, plusieurs échantillons racinaires ont été prélevés au Sénégal et en Tunisie.

Au Sénégal, les prélèvements ont eu lieu en début de saison sèche sur trois sites de la zone sylvo-pastorale (Tableau 16), à partir d'*A. tortilis*, *Halanites aegyptiaca* et *A. senegal*.

En Tunisie, les prélèvements ont eu lieu au mois d'avril 1993 dans le Sud de la Tunisie, sur trois sites : Bou Hedma, Bel Kir et Bled Thala, la plante hôte étant *A. tortilis*. Des racines de *Prosopis farcta* ont été aussi prélevés sur les bords de l'Oasis de Gabès (Tableau 15).

Tableau 16.-: Prélèvement *in situ* de racines au Sénégal

N° échantillon	Site de prélèvement	Espèce
61	Souilène	<i>Acacia tortilis</i> , <i>Balanites aegyptiaca</i>
63	Wendu Thiengoly	<i>A. senegal</i> , <i>A. tortilis</i>
65	Dahra	<i>A. tortilis</i> , <i>Balanites aegyptiaca</i>

Tableau 17.- Prélèvement *in situ* de racines en Tunisie

N° échantillon	Site de prélèvement	Caractéristiques des échantillons
24	Parc du Bou Hedma	Peuplement naturel d' <i>A. tortilis</i>
25	Parc du Bou Hedma	Plantation de 1967 <i>A. tortilis</i>
26	Parc du Bou Hedma	<i>A. tortilis</i> naturel en zone irriguée
27	Parc du Bou Hedma	Jeunes <i>A. tortilis</i>
28 a, b, c	Bel Khir	Echantillons prélevés sur 3 arbres a,b,c
29 a, b	Parc du Bled Talah	Echantillons prélevés sur 2 arbres
34	Oasis de Gabès	<i>Prosopis farc ta</i>

Piégeage de champignons MA V

En dehors des racines prélevées *in situ* plusieurs échantillons de sols ont été collectés soit sous *A. tortilis*, soit sous d’autres espèces soit encore en dehors d’un couvert végétal. L’intérêt est de vérifier si ces sols contiennent des champignons capables d’infecter les racines d’*A. tortilis* même dans des régions où ce dernier est absent.

A cause de la faible quantité de la plupart des échantillons de sols, ces derniers ont été mélangés à du sol sableux préalablement stérilisé à l’autoclave pendant 1h puis mis dans des sachets en polyéthylène utilisés couramment en pépinière forestière. Les graines d’ *A. raddiana* utilisées ont été scarifiées à l’acide sulfurique concentré pendant 30 minutes puis trempées dans de l’eau stérile pendant 1 heure avant d’être semées dans les sachets précités à raison de trois graines par sachet.

Les sachets ont été placés dans des bacs en plastique et mis sous abri en pépinière. L’arrosage a été effectué régulièrement tous les jours avec de l’eau stérile. Les plants ont été randomisés tous les mois.

Les sols prélevés sont représentés dans les tableaux 17 pour ceux du Sénégal et 18 pour ceux de Tunisie. Les résultats sont attendus ultérieurement.

Tableau 17.- Prélèvement de sols au Nord du Sénégal

N° échantillon	Site de prélèvement	Végétaux associés
58	Maka Diama	<i>Prosopis juliflora</i> , <i>Acacia nilotica</i>
59	Maka Diama	<i>A. nilotica</i> , <i>Indigofera sp.</i> , <i>A. tortilis</i>
61	Souilène	Herbes, <i>Balanites aegyptiaca</i>
63	Wendu Thiengoly	<i>A. senegal</i> , <i>A. tortilis</i> , <i>A. seyal</i> , <i>Ziziphus mauritiana</i>
65	Dahra	<i>A. tortilis</i> , <i>B. aegyptiaca</i> , <i>Sol nu</i>

Tableau 18.- Prélèvement de sols au Sud de la Tunisie

N° échantillon	Site de prélèvement	Caractéristiques
1	Bled Teniba	
3	Beni Ghilouf CF4	
4	Es Sabria	Sol dunaire
5	Es Sabria	Sol dunaire
6	Zaafra Ghidma	Sol stabilisé
7	Sortie Jemna-Kibili	Sous <i>A. cyanophylla</i>
8	Ibn Chabat-Tozeur	
9	Majen Bel Abbes	Sol caillouteux
10	Ben Youness	Zone pâturée
13	Abdu Sadikh	Zone protégée
14	Jebel Orbata	Sol caillouteux
16	El Guettar	Sol Gypseux
19	Bir Soltan	Sol sableux
20	Bir Soltan	Dune saharienne
21	Bir soltan	Sol sableux
23	Matmatas	Sur calcaire
24	Parc Bou Hedma	Sous <i>A. tortilis</i>
25	Parc Bou Hedma	Sous <i>A. tottilis</i>
26	Parc Bou Hedma	Sous <i>A. tortilis</i>
27	Parc Bou Hedma	Sous <i>A. tortilis</i>
28	Bel Khir	Sous <i>A. tortilis</i>
29	Bled Thala, Parc	Sol sableux
30	Matmatas	Sur loess
32	GP1 - Tataouine	Sol sableux
33	Gabès	Sur Oasis
34	Gabès	Bordure de l'oasis
35	Sortie Gabès-Cimenterie	
36	Sortie Gabès-Cimenterie	

3.2. Etude de l'infection des racines d'*A. tortilis*

Technique d'observation.

Pour conserver les échantillons de racines, ceux-ci ont été mis dans des tubes contenant soit de l'eau (racines du Sénégal) soit un mélange de formol d'acétone et d'alcool (FAA) (racines de Tunisie).

Les racines ont été placées dans des tubes de verre après avoir été lavées à l'eau du robinet. Elles ont été ensuite recouvertes de KOH à 10 % et autoclavées à 110 °C pendant 3 mn. Après autoclavage, les racines ont été rincées à l'eau de robinet puis immergées dans HCl à 1 % pendant une nuit. L'acide a été ensuite remplacé par une solution de lactophénol avant autoclavage comme précédemment.

Après coloration au lactophénol, les racines ont été montées entre lame et lamelle pour observation. Un échantillon de chaque groupe de racines a été prélevé puis découpé en 20 morceaux de 1cm chacun avant d'être monté sur lame. Pour chaque fragment racinaire la

présence ou l'absence de structures endomycorhiziennes a été notée ainsi que la densité de mycorhization.

Infection endomycorhizienne

Selon les observations faites, aucune racine prélevée dans le Nord du Sénégal n'a été infectée par des champignons MAV. On pense que cela est dû à la vieillesse des échantillons prélevés ou tout simplement à l'absence de champignons infectant les espèces concernées. Une seconde prospection est en vue dans la même zone pour le prélèvement d'autres racines.

Les échantillons prélevés au Sud de la Tunisie ont été infectés par des champignons MAV à l'exception de deux : 29a et 34. La présence de MAV dans ces échantillons varie largement d'un échantillon à un autre. Ainsi seules les racines prélevées sur les points n°24 et 26 du Bou Hedma ont été infectées à plus de 50% avec respectivement 89,5% pour le 24 et 77,7% pour le 26. Pour les autres points de prélèvement l'infection racinaire était égale ou inférieure à 25%. Le pourcentage de MAV trouvé sur les 3 arbres sélectionnés à Bel Khir étaient respectivement de 20, 11,8 et 16,7% soit une moyenne de 16,17% par arbre. A Bled Talah, sur les 2 arbres sélectionnés, seul l'un a donné des racines mycorhizées à 10,5%. Par ailleurs aucune racine mycorhizée n'a été rencontrée sur *Prosopis farcta* prélevé sur les bords de l'oasis de Gabès.

L'intensité de mycorhization des racines a été également estimée. Elle a consisté d'abord à évaluer la longueur des fragments mycorhizés pour chaque cm de mycorhize observé. Ensuite l'intensité I a été estimée en faisant le rapport longueur des fragments mycorhizés sur longueur total des MAV de chaque échantillon de racines. Enfin ce rapport a été exprimé en pourcentage.

L'intensité de mycorhization a été d'une manière générale faible sur l'ensemble des racines étudiées. Elle a rarement atteint 50% pour les racines prélevées dans les peuplements naturels du Bou Hedma et variait entre 15 et 25% pour les racines prélevés à Bel Khir.

D'après ces observations préliminaires, *Acacia tortilis* est plus endomycorhizé dans le site du Bou Hedma que dans les autres sites prospectés où son infection peut tomber à moins de 10%. Cependant il y a une assez importante variation de l'infection endomycorhizienne dans la même zone. Celle-ci semble dépendre de l'âge des peuplements et des conditions édaphoclimatiques dans lesquelles *A. tortilis* se trouve.

Etude de l'effet du volume du vase de végétation sur l'établissement des symbioses de deux provenances d'*A. tortilis*.

Cette expérience menée en collaboration avec le laboratoire de Biologie et Physiologie Végétales de l'ORSTOM a été mise en place pour comparer la croissance et l'établissement des symbioses sur une provenance du Nord du Sahara (Tunisie) et une provenance du Sud (Sénégal). Elle a été réalisée en serre, dans des sachets de polyéthylène remplis de sol de Bel-Air et de hauteurs et diamètres variables comme l'indiquent les données suivantes :

- Hauteur des sachets : 10 ▪ 20 et 40 cm
- Largeur des sachets : 4 ▪ 5,6 ▪ 11,3 ▪ 16 ▪ 22,5 ▪ 32 et 44 cm

Deux catégories de sachets ont été mises en place : des sachets noirs et des sachets transparents. Les semis ont été faits le 18 juin et l'expérience devra durer 12 semaines. Des observations et mesures seront effectuées sur la nodulation, la mycorhization, la production de biomasse et la hauteur des plants tous les 15 jours.

PARTIE CONTACTS ET FORMATION

I.-MISSIONS DE CONTACT.

Les missions de contact entre les différentes équipes ont été inventoriées dans le rapport d'avancement pour l'année 1992.

En 1993, une mission commune ISRA (Diagne), UNIVERSITE de VITERBO (Grego, Quatrini), CEFEC/CNRS (Le Floc'h, Berger), ORSTOM (Neyra, Grouzis, Sayol) et IRA (Jeder, Zaafour) a eu lieu en Tunisie du 28 mars au 8 avril.

Cette mission avait pour objectifs :

- de compléter la prospection des légumineuses
- de faire le point sur l'état d'avancement du projet compte-tenu de la présence d'au moins un représentant de chaque institution.

2. FORMATION

De même, le rapport d'avancement 1993 liste les activités de formation avant mars 1993

Après cette date signalons :

* le séjour d'un mois de Mlle P. QUATRINI (Viterbo) dans le laboratoire CNRS du Dr. Ph. Normand de Lyon, pour effectuer le screening sur l'ADN (technique RAPD) du premier groupe de souches de *Rhizobium d'Acacia tortilis* isolées au Sénégal.

* le séjour de 4 mois de Mamadou DIONE à l'université Paul Sabatier de Toulouse pour la finalisation d'une thèse de doctorat d'Université.

Par ailleurs, nous accueillons en formation dans le cadre du projet, les stagiaires suivants :

DESS: Mamadou NDIAYE, Ingénieur des travaux de l'ISRA, inscrit au Centre d' Etude de l'université de Niamey (Niger), pour un stage de 6 mois sur le sujet : "*les légumineuses pérennes dans les systèmes d'utilisation des terres : place, rôle et possibilités d'amélioration*"

DEA : I. DIEDHIOU, Institut des Sciences de l'Environnement de Dakar (10 mois) sur "*Les légumineuses pérennes sénégalais : inventaire et place dans des systèmes écologiques*"

DEA : L. VIAL, Université de Montpellier, (10 mois) sur "*Economie et répartition de l'azote fixé par les légumineuses ligneux de types biologiques différents*"

DEA : A. SY, Université de Dakar, (10 mois) sur "*la fixation de l'azote de quelques légumineuses et germination des graines*"

THESES DE 3e CYCLE :

M. DIOUF, Université de Dakar (3 ans) sur "*Ecophysiologie d'Acacia tortilis subsp raddiana*"

M. SYLLA, Université de Dakar (3 ans) sur "*Rôle de la fixation de l'azote chez deux espèces de Pterocarpus*"

1. KANE, Université de Dakar (3 ans) sur "*Les racines . éléments d'implantation et de survie des arbres sahéliens. Effets de stress hydrique sur la croissance*"

CONCLUSIONS

Au cours de cette première année du projet, nous avons privilégié les missions de contacts pour une meilleure connaissance mutuelle des hommes et des activités.

Sur le plan de l'exécution scientifique proprement dite, nous avons surtout oeuvré dans l'analyse de la diversité et la détermination de la place des légumineuses dans les systèmes écologiques des différentes zones, afin de réunir le maximum de matériel biologique.

Nous avons par ailleurs mis l'accent sur l'identification de stations écologiques au nord et au sud du Sahara et procéder à l'acquisition du matériel scientifique nécessaire à leur équipement. Les stations sont actuellement toutes fonctionnelles et des résultats ont déjà été collectés au cours de cette saison de végétation. Les séries seront complétées les années suivantes.

Ce sont les investigations en conditions semi-contrôlées et contrôlées qui n'ont pas encore acquis leur vitesse de croisière en raison de l'indisponibilité de certain matériel biologique qu'il faut bien étudier les premières années.

Enfin sur le plan de la formation, nous avons mis l'accent sur l'accueil de stagiaires de niveau de troisième cycle (dea, thèses) en plus des deux chercheurs des instituts partenaires.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ANONYME, 1985. Cartographie et télédétection des ressources de la république du Sénégal. Etude de la géologie, de l'hydrologie, des sols, de la végétation et des potentiels d'utilisation des sols. Direction de l'aménagement du territoire et Agence des Etats-Unis d'Amérique pour le développement, 653 p.

ANONYME, 1992. Evaluation hydrologique de l'Afrique sub-saharienne. Pays de l'Afrique de l'ouest, Rapport de pays : Sénégal.

BERHAUT J., 1975. Flore illustrée du Sénégal, tome IV Gouvernement du Sénégal , Ministère du développement rural, Direction des eaux et forêts, 625 p.

BERHAUT J., 1976. Flore illustrée du Sénégal, tome v. Gouvernement du Sénégal, Ministère du développement rural, Direction des eaux et forêts, 658 p.

DE LAJUDIE P., A. WILLEMS, C. BOIVIN, G. LORTET, M. NEYRA, B. POT, B. L. DREYFUS, and M. GILLIS. 1992. Three novel Rhizobium groups nodulating Acacia and Sesbania species. In Abstract of the 6th International Symposium on Molecular Genetics of Plant-Microbe Interactions. July 11 - 16, 1992, Seattle, USA.

ELSHEIKH A. E. and WOOD M. 1989. Response of chickpea and soyabean Rhizobia to salt: influence of carbon source temperature and pH. Soil Biol. Biochem. 21, 883-887.

EMBERGER L., 1971. Travaux de botanique et d'écologie. Masson, Paris, 520 p.

GEERLING C, 1982. Guide de terrain des ligneux sahéliens et soudano-guinéen. H VEENMAN & ZONEN, Wageningen, 340 p.

GROUZIS M., 1993. Réhabilitation des terres dégradées au nord et au sud du Sahara. Contrat TS3*CT092-0047. Rapport d'avancement, Rapp. multigr., ORSTOM/CCE, Dakar, 13p.,

GROUZIS M., 1993.- Phénologie de deux espèces ligneuses sahéliennes : aspects méthodologiques et influence des facteurs du milieu, Physiologie des Arbres et Arbustes en zones arides et semi-arides, John Libbey Eurotext, Paris, 145-153,

HARDY, R.W.F., R.D. HOSTEN, E.K. JACKSON, R.C. BURNS. 1968. The acetylene-ethylene assay for N₂ fixation : laboratory and field evaluation. Plant Physiol. 43: 1185- 1207.

Hua S. S. T., V. Y. Tsai, G. M. Lichens and A. T. Noma (1982). Accumulation of aminoacids in Rhizobium sp. strain WR1001 in response to sodium chloride salinity. Appl. Environm. Microbiol. 44, 135-140.

HUTCHINSON J. et DALZIEL J.M., 1958. Flora of West Tropical Africa Vol. 1, Part 2, Whitefriars Press, London, 828 p

KERSTERS, K., K.-H. HINZ, A. HERTLE, P. SEGERS, A. LIEVENS, O. SIEGMANN, and J. DE LEY. 1984. *Bordetella avium* sp. nov., isolated from the respiratory tracts of turkeys and other birds. *Int. J. Syst. Bacteriol.* 34:56-70.

KIREDJIAN, M., B. HOLMES, K. KERSTERS, J. GUILVOUT, J. DE LEY. 1986. *Alcaligenes piechaudii*, a new species from human clinical specimens and the environment. *Int. J. Syst. Bacteriol.* 36:282-287.

LAEMMLI, U.K. 1970. Cleavage of structural proteins during assembly of the head of bacteriophage T4. *Nature (London)* 227:680-685.

LE HOUEROU H.N., 1989. *The Grazing Land of The African Sahel*. Ecological Studies 75, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 282 p.

LEBRUN J.-P. et STORK A.L., 1992. *Énumération des plantes à fleurs d'Afrique Tropicale*, Vol.2. Editions du Conservatoire et Jardin botaniques, Genève, 257 p.

LEBRUN J.P. 1973. *Énumération des plantes vasculaires du Sénégal*. Etude botanique N.2, I.E.M.V.T., Maisons-Alfort, 209 p.

METRO A., 1975. *Dictionnaire forestier multilingue*. Collection de terminologie forestière multilingue N.2, Conseil International de la Langue Française, Paris, 432 p.

MORAT P., 1973. *Les savanes du Sud-Ouest de Madagascar*. Mémoires O.R.S.T.O.M. N.68, Paris, 235 p.

POT, B., GILLIS, M., HOSTE, B., VAN DE VELDE, A., BEKAERT, F., KERSTERS, K., DE LEY, J. 1989. Intra- and intergeneric relationships of the genus *Oceanospirillum*. *Int. J. Syst. Bact.* 39:23-34.

POT, B., P. VANDAMME, K. KERSTERS. 1993. Analysis of electrophoretic whole organism protein fingerprints. In: *Chemical methods in bacterial systematics* (M. Goodfellow, T. O'Donnell, eds.). John Wiley & Sons, Chichester., (in press, 1993).

RAI R. 1983. The salt tolerance of *Rhizobium* strains and lentil genotypes and the effect of salinity on aspects of symbiotic N fixation. *J. agric. Sci. Camb.* 100, 81-86.

SAXENA A. K. and R. B. REWARI 1992. Differential responses of chickpea (*Cicer arietinum* L.)- *Rhizobium* combinations to saline soil conditions. *Biol. Fertil. Soils* 13, 3 1-34.

SNEATH, P.H.A., and R.R. SOKAL. 1973. *Numerical taxonomy. The principles and practice of numerical classification*. W.H. Freeman and Co. , San Francisco.

TROCHAIN J., 1940. *Contribution à l'étude de la végétation du Sénégal*. Mémoires de l'Institut Français d'Afrique Noire, N.2, Librairie Larose, Paris, 433 p.

VINCENT, J.M. 1970. A manual for the practical study of root-nodule bacteria. *International Biological Programme Handbook 15*. Blackwell Scientific Publications, Ltd., Oxford. pp 73-97.

VON MAYDELL H.J., 1983 Arbres et arbustes du Sahel: leurs caractéristiques et leurs utilisations. Eschborn, 53 l

WILLIAMS J.G.K., A.E. KUBELIK, K.J. LEVAK, J.A. RAFALSKI, S.C. TINGEY. 1990. DNA polymorphisms amplified by arbitrary primers are useful as genetic markers. Nucleic Acids Res. 18 : 6531-6535.

WISHART, D. 1978. Clustan user manual. 3rd. ed. Interuniversity Councils Series, Report n° 47.

ANNEXES

ANNEXE 1**Liste des Légumineuses pérennes et spontanées du Sénégal****ZONE SAHELIENNE****Famille des *Caesalpinaceae***

- 1 - *Bauhinia rufescens* Lam
- 2- *Cassia italica* (Mill.) F.W. Andr.

Famille des *Mimosaceae*

- 1- *Acacia ataxacantha* DC.
- 2- *Acacia ehrenbergiana* Hayne
- 3- *Acacia farnesiana*
- 4- *Acacia nilotica* (L.) Willd.ex Del.
- 5- *Acacia senegal*
- 6- *Acacia seyal*
- 7- *Acacia tortilis* subsp. *raddiana* (Savi) Brenan
- 8- *Neptunia oleracea* Lour

Famille des *Fabaceae*

- 1- *Aeschynomene elaphroxylon* (Guill. et Perr.) Taub
- 2- *Dalbergia melanoxydon* Guill. et Perr.
- 3 - *Indigofera diphylla* Vent.
- 4- *Indigofera microcarpa* Desv.
- 5- *Indigofera oblongifolia* Forssk.
- 6- *Indigofera tinctoria* L.
- 7- *Psoralea plicata* Del.
- 8- *Pterocarpus lucens* Lepr.
- 9- *Tephrosia oxygona* var. *obcordata* Torre
- 10- *Tephrosia purpurea* (L.) Pers.

ZONE SOUDANIENNE**Famille des *Caesalpinaceae***

- 1 - *Afzelia africana* Smith ex Pers.
- 2- *Burkea africana* (Baill.) Léonard
- 3- *Cassia occidentalis* L.
- 4- *Cassia sieberiana* DC.
- 5- *Cordyla pinnata* (Lepr. ex A. Rich.) Milne-Redh.
- 6- *Cynometra vogelii* Hook. f.
- 7- *Daniellia oliveri* (Rolfe) Hutch. et Dalz.
- 8- *Detarium microcarpum* Guill. et Perr.
- 9- *Detarium senegalense* J. F. Gmel.
- 10- *Erythrophleum africanum* (Benth.) Harms
- 11 - *Erythrophleum suaveolens* (Guill. et Perr.) Brenan
- 12- *Piliostigma reticulatum* (DC.) Hochst
- 13 - *Piliostigma thonningii* (Schumach.) Milne-Redh

- 14-*Swartzia madagascariensis* Desv.
15 - *Tamarindus indica* L.

Famille des *Mimosaceae*

- 1 - *Acacia macrostachya* Reichenb ex DC
2- *Acaciapolyacantha* Willd.
3 - *Alhizia chevalier?* Harms
4- *Dichrostachys cinerea* (L.) Wight et Arn.
5- *Entada africana* Guill. et Perr.
6- *Faidherbia albida* (Delv.) A. Chev.
7- *Mimosa pigra* L.
8- *Parkia biglobosa* (Jacq.) R. Br. ex G. Don f.
9- *Prosopis africana* (Guill. et Perr.) Taub.

Famille des *Fabaceae*

- 1- *Aeschynomene pulchella* Planch. ex Bak.
2- *Cajanus kerstingii* Harms
3- *Crotalaria macrocal'* Benth.
4- *Crotalaria retusa* L.
5- *Desmodium setigerum* (E. Mey.) Harv.
6- *Dolichos schweinfurthii* Harms
7- *Dolichos trilobus* L.
8- *Eriosema afzelii* Bak.
9- *Eriosema glomeratum* (Guill. et Perr.) Hook. f.
10- *Eriosema griseum* Bak.
11 - *Erythrina senegalensis* A. DC.
12- *Indigofera arrecta* Hochst. ex A. Rich.
13- *Indigofera berhautiana* Gillet
14- *Indigofera garckeana* Vatke
15- *Indigofera leptoclada* Harms
16- *Indigofera omissa* Gillet
17- *Indigofera pseudosubulata* Bak. f.
18- *Indigofera pulchra* Willd.
19- *Indigofera terminalis* Bak.
20- *Lonchocarpus cyanescens* (Schum. et Thonn.) Benth
21- *Lonchocarpus laxiflorus* Guill. et Perr.
22- *Lotus arenarius* Brot.
23- *Macrotyloma stenophylla* (Harms) Verdc.
24- *Nesphostylis holosericea* (Bak.) Verdc.
25- *Ormocarpum pubescens* (Hochst.) Cuf.
26- *Pericopsis laxiflora* (Benth.) Van Meeuwen
27- *Pterocarpus erinaceus* Poir.
28- *Rhynchosia minima* (L.) DC.
29- *Sesbania sesban* subsp. *punctata*
30- *Stylosanthes erecta* P. Beauv.
31- *Stylosanthes fruticosa* (Retz) Alston
32- *Tephrosia lupinifolia* DC
33 - *Tephrosia mossiensis* A. Chev.
34- *Tephrosia pedicellata* Bak.
35- *Xeroderris stuhlmannii* (Taub.) Mendoça et Sousa

ZONE GUINEENNE

Famille des *Cesalpiniaceae*

- 1- *Anthonotha crassifolia* (Baill.) Léonard
- 2- *Anthonotha macrophylla* Pal. Beauv.
- 3- *Cassia alata* L.
- 4- *Crudia senegalensis* Planch. ex Benth.
- 5- *Daniellia ogea* (Harms) Rolfe ex Holl.
- 6- *Dialium guineense* Willd.
- 7- *Guibourtia copallifera* Benn.
- 8- *Guibourtia leonensis* Léonard
- 9- *Mezoneuron benthianum* Baill.

Famille des *Mimosaceae*

- 1 - *Acacia dudgeoni* Craib. ex Holl.
- 2- *Acacia kamerunensis* Gandoger
- 3 - *Acacia sieberiana*
- 4- *Albizia dinklagei* (Harms) Keay
- 5- *Albizia ferruginea* (Guill. et Perr.) Benth.
- 6- *Albizia malacophylla* (A. Rich.) Walp.
- 7- *Albizia zygia* (DC.) J.F. Macbr.
- 8- *Cathormion rhombifolium* (Benth.) Hutch. et Dandy
- 9- *Entada mannii* (Oliv.) Tisserant
- 10- *Entada rheedii* DC.
- 11 - *Entada wahlbergii* Harv.
- 12- *Pentaclethra macrophylla* Benth.
- 13- *Piptadeniastrum africanum* Hook. f.) Brenan
- 14- *Tetrapleura tetraptera* (Schum. et Thonn.) Taub.

Famille des *Fabaceae*

- 1- *Abrus canescens* Welw. ex Bak.
- 2- *Abrus gorsei* Berhaut
- 3- *Abrus fruticosus* Wall. ex Wight et Arn
- 4- *Abrus precatorius* L.
- 5- *Aeschynomene crassicaulis* Harms
- 6- *Aeschynomene sensitiva* Sw.
- 7- *Andira inermis*
- 8- *Cajanus scarabaeoides* (L.) Thouars
- 9- *Canavalia rosea* (Sw.) DC.
- 10- *Crotalaria lachnophora* A. Rich.
- 11 - *Crotalaria ononoides* Benth.
- 12- *Crotalaria pallida* Ait.
- 13- *Dalbergia adami* Berh.
- 14- *Dalbergia afzeliana* G. Don
- 15- *Dalbergia bignoniae* Berh.
- 16- *Dalbergia boehmii* Taub.
- 17- *Dalbergia ecastaphyllum* (L.) Taub.
- 18- *Dalbergia oblongifolia* G. Don
- 19- *Dalbergia rufa* G. Don
- 20- *Dalbergia saxatilis* Hook. f.
- 21- *Desmodium ramosissimum* G. Don
- 22- *Desmodium triflorum* (L.) DC.
- 23- *Desmodium velutinum* (Willd.) DC.
- 24- *Dioclea reflexa* Hook. f.

- 25-*Eriosema macrostipulum* Bak. f.
- 26-*Eriosema psoraleoides* (Lam.) G. Don
- 27-*Erythrina sigmoidae* Hua
- 28-*Flemingea faginea* (Guill. et Perr.) ex Bak.
- 29-*Indigofera capitata* Kotschy
- 30-*Indigofera congesta* Welw. ex Bak.
- 31-*Indigofera heudelotii* Benth. ex Bak.
- 32-*Indigofera trita* L.f.
- 33-*Indigofera tetrasperma* Vahl. ex Pers.
- 34-*Kotschyia ochreata* (Taub) Dewit et Duvign.
- 35-*Leptoderris brachyptera* (Benth.) Dunn
- 36-*Leptoderris fasciculata* (Benth.) Dunn
- 37-*Lonchocarpus sericeus* (Poir.) H.B. et K.
- 38-*Machaerium lunatum* (L. f.) Ducke
- 39-*Mucuna poggei* Taub.
- 40-*Ormocarpum sennoides* (Willd.) DC.
- 41-*Pterocarpus santalinoides* DC.
- 42-*Rhynchosia buettneri* Harms
- 43-*Rhynchosia congensis* Bak.
- 44-*Rhynchosia orthobotrya* Harms
- 45-*Rhynchosia pycnostachya* (DC.) Meikle
- 46-*Sophora tomentosa* L.
- 47-*Tephrosia vogelii* Hook.f.
- 48-*Teramnus micans*
- 49- *Vigna stenophylla* Harms

ZONE DES NIAYES

Famille des *Cesalpiniaceae*

- 1- *Caesalpinia bonduc* (L.) Roxb.
- 2- *Cassipodocarpa* Guill. et Perr.

Famille des *Mimosaceae*

- 1- *Albizia adianthifolia* (Schum.) W.F. Wight

Famille des *Fabaceae*

- 1 - *Cyamopsis senegalensis* Guill. et Perr.
- 2- *Desmodium adscendens* (Sw.) DC.
- 3- *Indigofera elliotii* (Bak. f.) Gillet
- 4- *Indigofera macrophylla* Schumach.
- 5- *Indigofera spicata* Lam.
- 6- *Ormocarpum verrucosum* P. Beauv.
- 7- *Psophocarpus palustris* Desv.
- 8- *Rhynchosia albae-pauli*
- 9- *Rhynchosia sublobota* (Schum.) Meikle
- 10- *Vigna adenantha* Hepper

ANNEXE 2.

PROJET STDIII/REHABILITATION DES TERRES DEGRADEES.

GUIDE D'ENQUÊTE SUR LA PLACE DES L:EGUMINEUSES PERENNES DANS LES SYSTEMES DE PRODUCTION/NIVEAU TERROIR.

SITUATION ADMINISTRATIVE

Département _____

Arrondissement _____

Communauté Rurale _____

ACTIVITES ECONOMIQUE IMPLIQUANT LES LP

Activité dominante

Activité 2 aire

Activité 3 aire

Listons ensemble les plantes pérennes rencontrées dans vos terroirs.

Localisons sur les plantes pérennes qui ressemble à x (légumineuses des terroir la plus fréquente citée par les paysans) et dites nous toutes les autres plantes à gousse et apparentées à x. Où est-ce qu'on retrouve les différentes espèces ?

- . près des concession
- . zones de parcage
- . parcours de LP
- . champs de case
- . champs de brousse etc..

Utilisations les plus importantes au niveau des terroirs :

- | | | |
|-------------------------------|----|----|
| . Alimentation humaine | AH | |
| . Agriculture | A | |
| . Elevage | E | |
| . Source de revenus monétaire | | SR |
| . Bois de service | BS | |
| . Pharmacopée | P | |

Caractérisation des principales utilisation

- . Parite utilisée
- . Calendrier d'utilisation
- . Modalité d'utilisation

Classement des LP par ordre d'importance générale

Evaluation des tendances d'évolution des LP

- . espèces avec beaucoup de régénération
- . espèces sans régénération ni mortalité

. espèces sans régénération apparente et avec mortalité

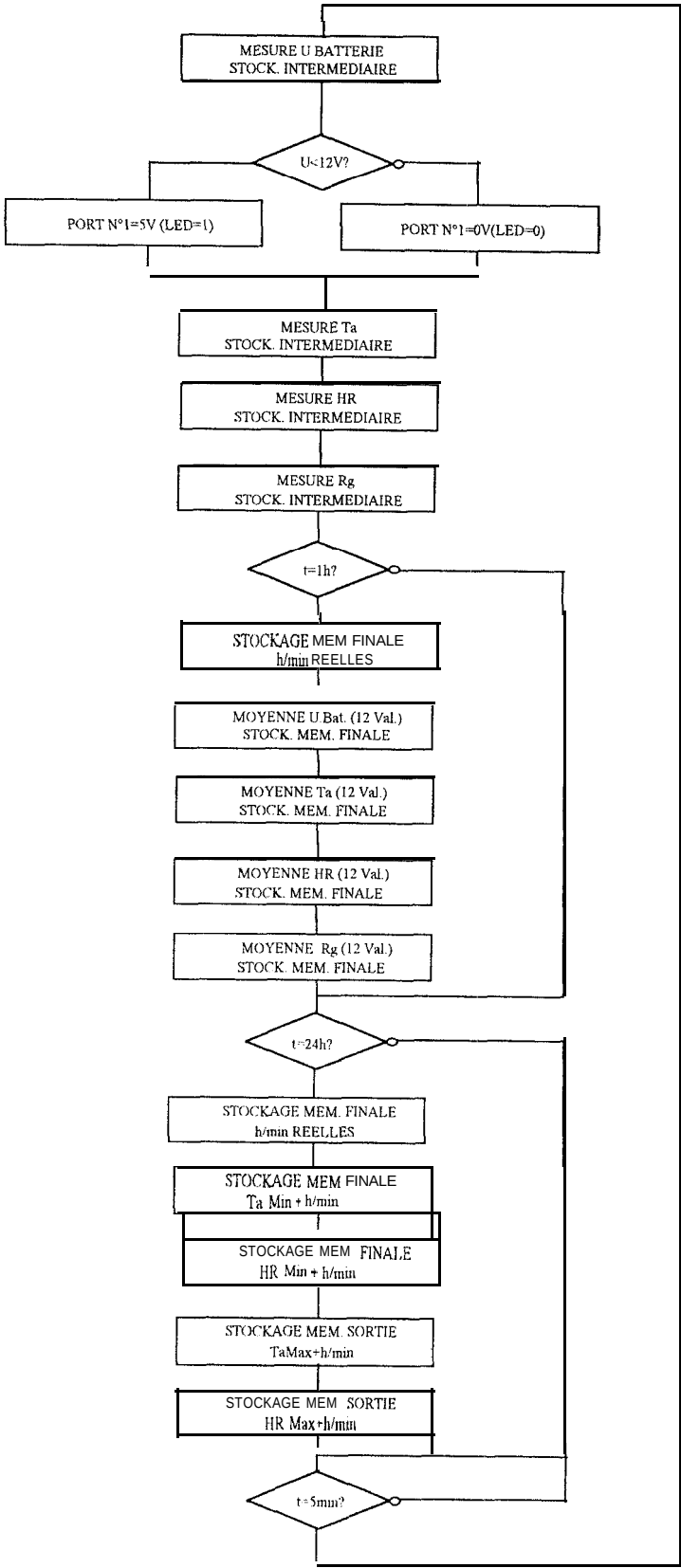
• **Evaluation de l'abondance relative des LP**

. très abondant	(noter + + + +)
. abondant	(noter + + +)
. peu abondants	(noter + +)
. juste abondant	(noter +)
. rares ou absent	(noter 0)

ANNEXE3

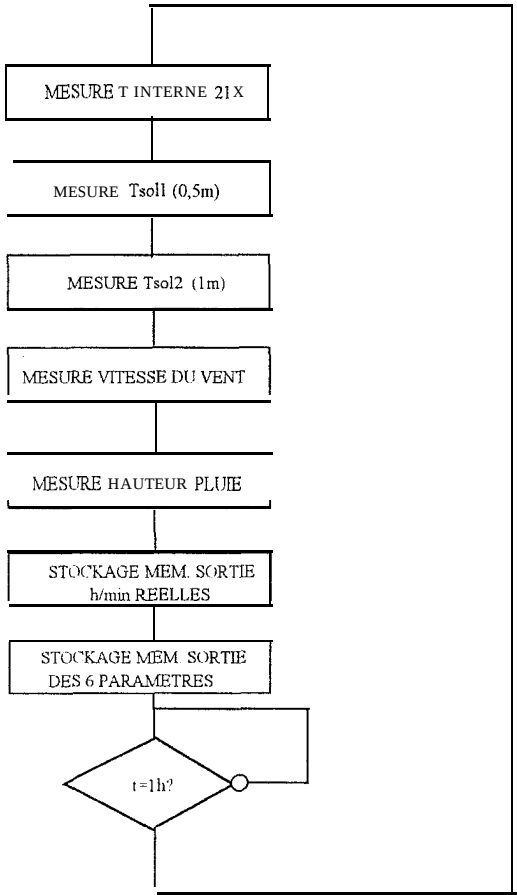
STATION METEO DE DAHRA

ORGANIGRAMME TABLE PROGRAMME N° 1



STATION METEO DE DAHRA

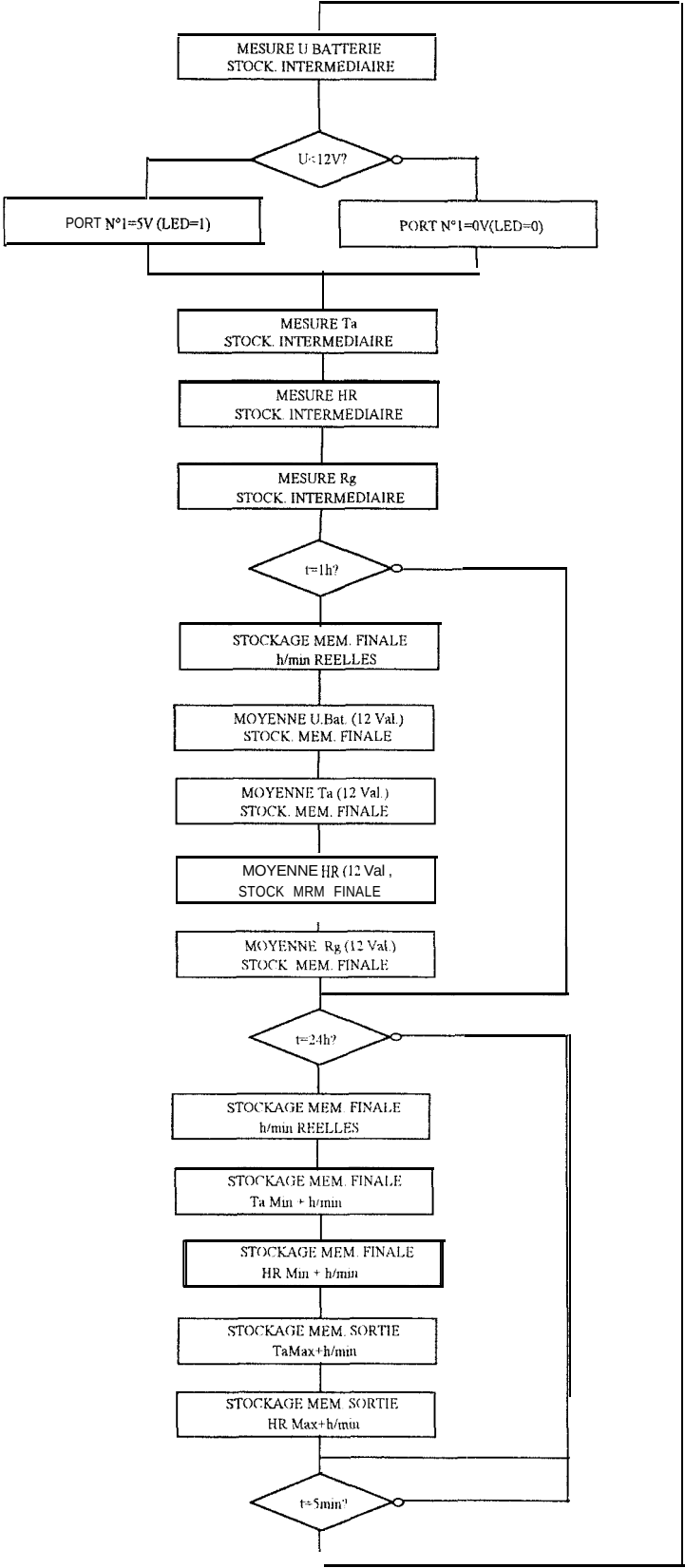
ORGANIGRAMME TABLE PROGRAMME N°2



REM: Il est à noter que cet organigramme ne tient pas compte de certaines opérations effectuées en interne par la centrale, comme la mesure permanente des hauteurs de pluie (cumul horaire), la mesure permanente de la vitesse du vent (moyenne horaire). etc..

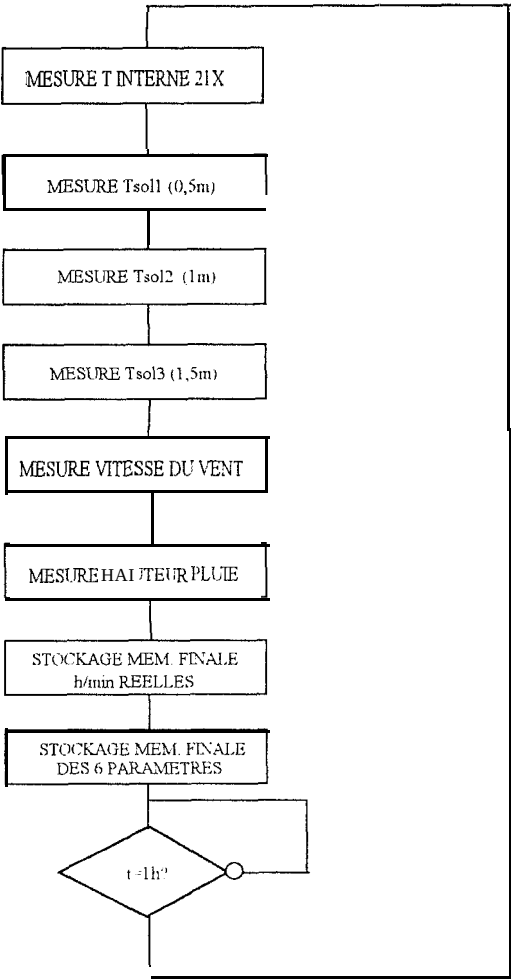
STATION METEO DE SOULENE

ORGANIGRAMME TABLE PROGRAMME N°1



STATION METEO DE SOULENE

ORGANIGRAMME TABLE PROGRAMME N°2



REM: Il est à noter que cet organigramme ne tient pas compte de certaines opérations effectuées en interne par la centrale, comme la mesure permanente des hauteurs de pluie (cumul horaire), la mesure permanente de la vitesse du vent (moyenne horaire). etc..

ANNEXE4

Fichier.DAT

01+0110.	02+0198.	03.0000.	04+12.79	05+29.48	06+47.14	07-0.158	
01+0113.	02+0198.	03.0000.	04+29.15	05+0000.	06+35.58	07+20.0.	08+32.64
09+2035.	10+48.18	11+0000.					
01.0101.	02+0198.	03.0000.	04+10.58	05+34.26	06+35.34	07+2.628	08+0.000
01.0110.	02+0198.	03.0000.	04+12.79	05+28.87	06+49.32	07-0.290	
01.0106.	02+0198.	03.0100.	04+29.35	05+34.32	06+35.33	07+1.869	08+0.000
01+0110.	02+0198.	03+0200.	04+12.78	05+28.47	06+51.14	07-0.053	
01+0206.	02+0198.	03+0200.	04+28.84	05+34.31	06+35.30	07+11.242	08+0.000
01+0110.	02+0198.	03+0300.	04+12.78	05+28.12	06+52.41	07-0.053	
01+0206.	02+0198.	03+0300.	04+28.38	05+34.35	06+35.31	07+1.151	08+0.000
01+0110.	02+0198.	03.0400.	04+12.78	05+27.11	06+61.09	07+0.000	
01+0206.	02+0198.	03+0400.	04+27.87	05+34.41	06+35.28	07+1.199	08+0.000
01+0110.	02+0198.	03+0500.	04+12.78	05+26.56	06+69.38	07+0.000	
01+0206.	02+0198.	03.0500.	04+27.22	05+34.38	06+35.27	07+0.949	08+0.000
01+0110.	02+0198.	03+0600.	04+12.78	05+26.45	06+69.81	07+0.000	
01+0206.	02+0198.	03+0600.	04+26.69	05+34.39	06+35.24	07+0.942	08+0.000
01.0118.	02+0198.	03+0700.	04+12.77	05+26.34	06+66.96	07+4.544	
01+0206.	02+0198.	03.0700.	04+26.30	05+34.39	06+35.24	07+0.690	08+0.000
01+0110.	02+0198.	03+0800.	04+12.91	05+26.33	06+072.0	07+0.77.8	
01+0206.	02+0198.	03+0800.	04+25.98	05+34.36	06+35.25	07+1.382	08+0.000
01+0110.	02+0198.	03+0900.	04+13.40	05+27.70	06+63.94	07+234.3	
01+0206.	02+0198.	03.0900.	04+28.79	05+34.35	06+35.20	07+0.982	08+0.000
01.0118.	02+0198.	03+1000.	04+13.77	05+29.33	06+54.69	07+519.5	
01+0206.	02+0198.	03+1000.	04+31.15	05+34.33	06+35.25	07+1.091	08+0.201
01+0110.	02+0198.	03+1100.	04+13.89	05+30.92	06+47.50	07+0710.	
01+0206.	02+0198.	03+1100.	04+34.81	05+34.28	06+35.21	07+1.237	08+0.000
01+0110.	02+0198.	03+1200.	04+13.90	05+32.10	06+43.48	07+0851.	
01+0206.	02+0198.	03+1200.	04+36.42	05+34.25	06+35.21	07+1.400	08+0.000
01+0110.	02+0198.	03+1300.	04+13.87	05+33.04	06+41.65	07+0843.	
01+0206.	02+0198.	03+1300.	04+37.60	05+34.21	06+35.21	07+1.341	01.0.000
01+0110.	02+0198.	03+1400.	04+13.83	05+34.19	06+39.00	07+0970.	
01+0206.	02+0198.	03+1400.	04+38.25	05+34.15	06+35.18	07+1.291	08+0.000
01+0110.	02+0198.	03+1500.	04+13.75	05+34.93	06+37.55	07+0738.	
01+0206.	02+0198.	03+1500.	04+38.91	05+34.12	06+35.21	07+2.030	08+0.000
01+0110.	02+0198.	03+1600.	04+13.72	05+35.35	06+36.51	07+621.4	
01+0206.	02+0198.	03+1600.	04+39.51	05+34.14	06+35.18	07+2.476	08+0.000
01.0118.	02+0198.	03+1700.	04+13.67	05+35.63	06+36.11	07+549.7	
01+0206.	02+0198.	03+1700.	04+39.98	05+34.17	06+35.16	07+2.687	08+0.000
01+0110.	02+0198.	03+1800.	04+13.51	05+35.66	06+35.78	07+315.0	
01+0206.	02+0198.	03+1800.	04+40.29	05+34.19	06+35.18	07+1.668	08+0.000
01+0110.	02+0198.	03+1900.	04+13.33	05+34.23	06+43.89	07+146.9	
01+0206.	02+0198.	03+1900.	04+40.11	05+34.26	06+35.19	07+2.399	
01+0110.	02+0198.	03+2000.	04+12.99	05+32.71	06+43.37	07+13.19	0810.000
01+0206.	02+0198.	03+2000.	04+39.06	05+34.14	06+35.15	07+2.514	08+0.000
01+0110.	02+0198.	03+2100.	04+12.91	05+31.78	06+46.07	07+0.000	
01+0206.	02+0198.	03+2100.	04+37.56	05+34.45	06+35.13	07+2.242	08+0.000
01+0110.	02+0198.	03+2200.	04+12.90	05+31.35	06+50.52	07-0.184	
01+0206.	02+0198.	03+2200.	04+35.96	05+34.55	06+35.19	07+3.503	08+0.000
01+0110.	02+0198.	03+2300.	04+12.88	05+29.96	06+54.81	07-0.264	
01+0206.	02+0198.	03+2300.	04+34.32	05+34.63	06+35.13	07+3.822	08+0.000

Fichier.PRN

110,198,0,12.79,29.48,47.14,-0.158
113,198,0,29.15,0,35.58,2040,32.64,2035,48.18,0
206,198,0,30.58,34.26,35.34,2.628,0
110,198,100,12.79,28.87,49.32,-0.29
206,198,100,29.35,34.32,35.33,1.869,0
110,198,200,12.78,28.67,51.14,-0.053
206,198,200,28.84,34.31,35.3,1.242,0
110,198,300,12.78,28.12,52.41,-0.053
206,198,300,28.38,34.35,35.31,1.151,0
110,198,400,12.78,27.11,51.09,0
206,198,400,27.87,34.41,35.28,1.199,0
110,198,500,12.78,26.56,69.38,0
206,198,500,27.22,34.38,35.27,949,0
110,198,600,12.78,26.45,69.81,0
206,198,600,26.69,34.39,35.24,942,0
110,198,700,12.77,26.34,68.96,4.544
206,198,700,26.3,34.39,35.24,69,0
110,198,800,12.91,26.33,72.77,8
206,198,800,25.98,34.36,35.25,1.382,0
110,198,900,13.4,27.7,63.94,234,3
206,198,900,28.79,34.35,35.2,982,0
110,198,1000,13.77,29.33,54.69,519.5
206,198,1000,31.15,34.33,35.25,1.091,.201
110,198,1100,13.89,30.92,47.5,710
206,198,1100,34.81,34.28,35.21,1.237,0
110,198,1200,13.9,32.1,43.48,851
206,198,1200,36.42,34.25,35.21,1.4,0
110,198,1300,13.87,33.04,41.65,843
206,198,1300,37.6,34.21,35.21,1.341,0
110,198,1400,13.83,34.19,39.970
206,198,1400,38.25,34.15,35.18,1.291,0
110,198,1500,13.75,34.93,37.55,738
206,198,1500,39.51,34.14,35.18,2.476,0
110,198,1600,13.72,35.35,36.51,621.4
206,198,1600,39.98,34.17,35.16,2.687,0
110,198,1800,13.51,35.66,35.78,315
206,198,1800,40.29,34.19,35.18,1.668,0
110,198,1900,13.33,34.23,41.89,146.9
206,198,1900,40.11,34.26,35.19,2.399,0
110,198,2000,12.99,32.71,43.37,13.19
206,198,2000,39.06,34.34,35.15,2.514,0
110,198,2100,12.91,31.78,46.07,0
206,198,2100,37.56,34.45,35.13,2.242,0
110,198,2200,12.9,31.35,50.52,-0.184
206,198,2200,35.96,34.55,35.19,3.503,0
110,198,2300,12.88,29.96,54.81,-0.264
206,198,2300,34.32,34.63,35.13,3.822,0

Fichier.XLS

Jour J	Date	H/N/m	H.Sec	Ta	HR	Hg	T21°C	T.Sol	T.S2	U.Sens.	Phen.
198	17-Jul	0	12.79	29.48	47.14	-0.158	10.58	12.26	15.34	2.628	0
198	17-Jul	100	12.79	28.87	49.32	-0.29	29.55	14.12	15.33	1.869	0
198	17-Jul	200	12.78	28.47	51.14	-0.053	28.84	14.31	15.3	1.242	0
198	17-Jul	300	12.78	28.12	52.41	-0.053	28.38	14.35	15.31	1.151	0
198	17-Jul	400	12.78	27.11	61.09	0	27.87	14.41	15.28	1.199	0
198	17-Jul	500	12.78	26.56	69.38	0	27.22	14.38	15.27	0.949	0
198	17-Jul	600	12.78	26.45	69.81	0	26.69	14.39	15.24	0.942	0
198	17-Jul	700	12.77	26.34	68.96	4.544	26.3	14.39	15.24	0.69	0
198	17-Jul	800	12.91	26.33	72	77.8	25.98	14.36	15.25	1.382	0
198	17-Jul	900	13.4	27.7	63.94	234.3	28.79	14.15	15.2	0.982	0
198	17-Jul	1000	13.77	29.33	54.69	519.5	31.15	14.33	15.23	1.091	0.201
198	17-Jul	1100	13.89	30.92	47.5	710	34.81	14.28	15.21	1.237	0
198	17-Jul	1200	13.9	32.1	43.48	851	36.42	14.25	15.21	1.4	0
198	17-Jul	1300	13.87	33.04	41.65	843	37.6	14.21	15.21	1.341	0
198	17-Jul	1400	13.83	34.19	39	970	38.25	14.15	15.18	1.291	0
198	17-Jul	1500	13.75	34.93	37.55	738	39.51	14.12	15.21	2.03	0
198	17-Jul	1600	13.72	35.35	36.51	621.4	39.98	14.14	15.18	2.476	0
198	17-Jul	1700	13.67	35.63	36.11	549.7	39.98	14.17	15.16	2.687	0
198	17-Jul	1800	13.51	35.66	35.78	315	40.29	14.19	15.18	1.668	0
198	17-Jul	1900	13.33	34.23	41.89	146.9	40.11	14.26	15.19	2.399	0
198	17-Jul	2000	12.99	32.71	43.37	13.19	39.06	14.34	15.15	2.514	0
198	17-Jul	2100	12.91	31.78	46.07	0	37.56	14.45	15.13	2.242	0
198	17-Jul	2200	12.9	31.35	50.52	-0.184	35.96	14.55	15.19	3.503	0
198	17-Jul	2300	12.88	29.96	54.81	-0.264	34.32	14.63	15.13	3.822	0

ANNEXE 5

Carré SOULENE Triangle : DAHRA

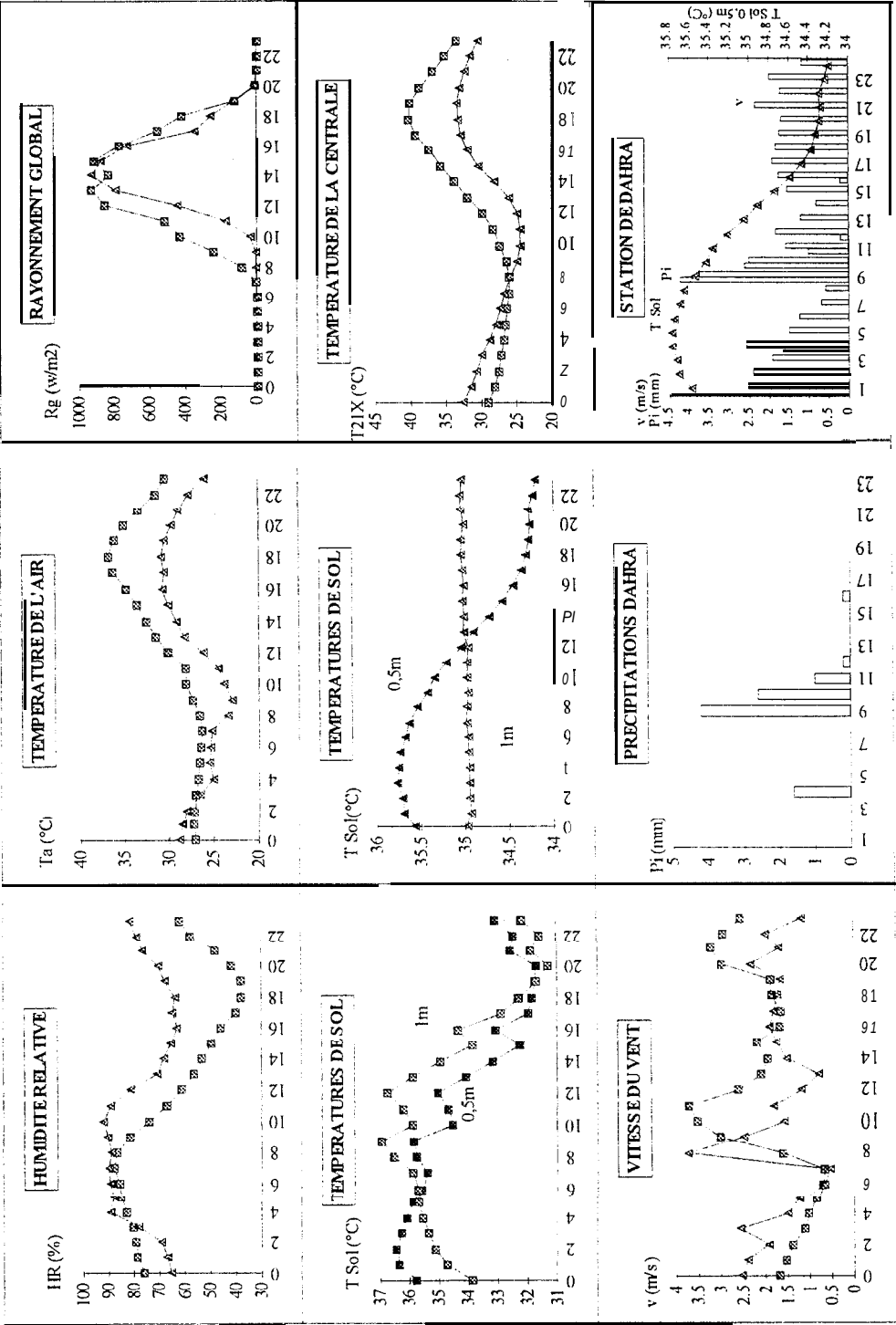


TABLE DE MATIERES

PARTIE SCIENTIFIQUE	3
I. ANALYSE DE LA DIVERSITE	3
1. Introduction à la connaissance des légumineuses du Sénégal	3
1.1- Méthodologie	3
1.2. Résultats	4
2. Place des légumineuses dans les systèmes écologiques	7
2.1. Approche écologique.....	7
2.2. Approche socio-économique	13
3. Analyse de la diversité des associations légumineuse/micro-organismes : Prospection et collection..	22
II. ETUDES STATIONNELLES	24
1. Les stations d'études : localisation, équipement	24
2. Système d'acquisition automatique des données.	27
2.1. Présentation du système	28
2.1. Traitement des donnés	28
3. Observations effectuées	29
4. Résultats	30
4.1. Structure des populations	30
4.2. Phénologie de l'Acacia raddiana	31
4.3. Profils hydriques	31
4.4. Comportement écophysologique d'Acacia raddiana	32
III. ANALYSES EN CONDITIONS CONTROLEES	34
1. Etude de la croissance et de la réponse à la contrainte hydrique d'Acacia raddiana	34
1.1. Etude comparée de la croissance de 2 origines d'Acacia raddiana	34
1.2. Etude en rhizotron, sur deux espèces (Acacia senegal, Acacia raddiana) de la croissance des parties souterraines et aériennes et essais d'inoculation à partir de souches de Rhizobium sélectionnées	34
1.3 Réponse à la contrainte hydrique	33
2. Fixation d'azote, allocation des ressources et réponse à la fertilisation minérale de 12 types biologiques de légumineuses africaines du nord et du sud du Sahara	35
2.1. Objectifs et hypothèses..	35
2.2. Matériel et méthodes..	36
2.3. Analyse des données	37
3. Germination et conservation des semences	37
1. Prétraitement des graines	38
2 - Mise en place de parcelles semencières	38
IV. ANALYSES BIOCHIMIQUES ET MICROBIOLOGIQUES	39
1. Analyses biochimiques et biologiques des échantillons de sols.	39
1.1. Echantillonnage.	39
1. 2. Paramètres analysés.	40
3. Résultats..	40
2. Isolement et caractérisation des Rhizobium	50
2.1. Missions de prospection..	50
2.2. Isolements bactériens	50
2.3. Caractérisation des isolats	52
3. Mycorhizes	63
3.1, Prospection de champignons mycorhiziens à arbuscules et vésicules (MAV) infectant Acacia tortilis.	63
3.2. Etude de l'infection des racines d' A. tortilis	65
PARTIE CONTACTS ET FORMATION	67
I.-Missions de contact.	67
2. Formation	67
CONCLUSIONS	68
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	69
ANNEXES	72