

**Influence du chlorure de sodium sur la croissance, la nutrition minérale et la mycorhization de *Acacia seyal*****Influence of sodium chloride on the growth, the mineral nutrition and the mycorrhization of *Acacia seyal*.**

Manga<sup>1,2\*</sup> A., Ndiaye<sup>1</sup> F., Sow<sup>1</sup> H.A., Diop<sup>1,2</sup> T.A.

**Résumé**

La salinité demeure un problème majeur pour la fertilité des sols en particulier dans la zone sahélienne. Une expérience en serre a montré chez *Acacia seyal* une tolérance au sel (NaCl) pouvant aller jusqu'à 2 g de NaCl kg<sup>-1</sup> de substrat. Les mesures de la hauteur des tiges, des poids de matière sèche des parties aérienne et racinaire, et du taux de mycorhization ont permis de déterminer les effets du stress salin sur de jeunes plants de *Acacia seyal*. Cette étude montre pour la première fois la possibilité pour *Acacia seyal* à former des associations mycorhiziennes arbusculaires malgré les effets du stress salin. L'intérêt de cette étude est de montrer que *A. seyal* constitue un bon candidat pour son utilisation dans les programmes de reboisement au niveau des zones salées.

**Mots clés :**

*Acacia seyal*, mycorhizes, stress salin, nutrition, croissance

**Abstract**

Salinity remains a major problem for the fertility of soils particularly in sahelian zone. An experiment conducted in greenhouse showed for *Acacia seyal* plants a salt (NaCl) tolerance which can go to 2 g of NaCl kg<sup>-1</sup> of substratum. The measures of the height of stems, the dry matter weights of plants shoots and roots and of mycorrhization rate allowed to determine the effects of salt stress on young *A. seyal* seedlings. This study shows for the first time the possibility for *A. seyal* to form arbuscular mycorrhizal associations in spite of the effects of the salt stress. The interest of this study is to show that *A. seyal* constitutes a good candidate for its use in the reforestation programs of salted zones.

**Key word:**

*Acacia seyal*, mycorrhizae, salt stress, nutrition, growth

<sup>1</sup> Laboratoire de Biotechnologie des Champignons, Département de Biologie Végétale, Faculté des Sciences et Techniques, Université Cheikh Anta Diop, BP 5005, Dakar, Sénégal.

**Correspondant :** Anicet MANGA – [Anicet.Manga@ird.sn](mailto:Anicet.Manga@ird.sn)

<sup>2</sup> Laboratoire Commun de Microbiologie IRD/UCAD/ISRA ; Centre de recherche de Bel-Air, BP 1386, CP 18524, Dakar, Sénégal.

## 1. Introduction

L'accroissement annuel de la population mondiale pose un problème majeur : la nécessité, de subvenir aux besoins alimentaires de cette population croissante. Les enjeux sont donc immenses et d'ici vingt-cinq ans, les productions agricoles devront doubler pour relever ce défi. La seule manière de répondre à la demande est de continuer de faire progresser les productivités, de préserver l'état sanitaire des récoltes et de réhabiliter certains sols non cultivables affectés par la salinité.

Un des facteurs réduisant le plus fortement le rendement des cultures est le processus de salinisation des terres. À l'échelle mondiale, la superficie des terres cultivables touchées par la salinité (teneur excessive en sels minéraux notamment le chlorure de sodium) est de plus de 7 % et ne cesse d'augmenter depuis le début du XX<sup>e</sup> siècle (Jain *et al.*[1]). Aujourd'hui, environ, 25 % des terres irriguées sont ainsi confrontées à la salinité qui touche particulièrement les zones arides et semi-arides. Les effets du stress salin peuvent aboutir à une détérioration des sols de manière irrémédiable, provoquant dans certains cas leur abandon et la réduction des surfaces cultivables de nombreuses régions.

Au Sénégal, la salinité souvent localisée au niveau des basses plaines concerne surtout le domaine fluvio-marin (la partie occidentale du pays), en particulier les régions situées dans la basse et moyenne vallée du fleuve Sénégal, du Sine Saloum et de la Casamance. Quatre des six zones agroécologiques sont touchées : Fleuve Sénégal, Niayes, sud du Bassin arachidier et Casamance.

Cette salinisation progressive aboutit à la formation de tannes (étendues sursalées) où ne subsistent que certaines espèces de

plantes plus ou moins tolérantes à la salinité.

Plusieurs solutions sont préconisées afin de lutter contre la progression de la salinité et de réhabiliter les sols affectés. La plupart concernent surtout des méthodes coûteuses et parfois difficiles à appliquer comme la lixiviation (consiste à donner aux cultures juste un peu plus d'eau que nécessaire de manière à ce que les sels soient transportés dans la couche aquifère qui les disperse), le drainage, l'inondation et l'utilisation d'une eau d'irrigation de qualité.

En revanche, l'exploitation du potentiel microbiologique des sols, en particulier celui des champignons mycorhiziens arbusculaires permet de favoriser l'adaptation des plantes aux milieux salins (Al-Karaki [2]; Juniper et Abott [3]). À ce sujet, plusieurs travaux ont démontré l'efficacité des champignons symbiotiques qui favorisent et améliorent la croissance des végétaux sur des sols salés.

*Acacia seyal* Delile est une plante légumineuse de la famille des Mimosaceae largement répandue dans la zone semi-aride de l'Afrique tropicale depuis le Sénégal jusqu'à la Somalie et à la Mer Rouge, et du sud de la vallée du Nil jusqu'à la Zambie. La présence d'*A. seyal* dans les zones salées témoigne de la capacité pour cette plante de tolérer le sel. Cette présence est d'autant plus remarquable qu'il s'agit d'une des rares espèces ligneuses présentant une population plus ou moins importante dans ces zones soumises au stress salin.

Les champignons mycorhiziens arbusculaires sont présents dans la plupart des sols y compris les sols salés. Dans les sols sahéliens, les mycorhizes constituent l'association symbiotique la plus fonctionnelle (Ducouso [4]; Diop *et al.*, [5]). Bien que leur sporulation et la

colonisation des plantes soit inhibée par la salinité dans certaines zones (Junniper et Abott, [3], Mankarios et Abdel-Fattah [6]), les champignons mycorhiziens arbusculaires peuvent promouvoir la croissance des plantes (Hirrel et Gerdemann [7]), à travers l'amélioration de la nutrition des plantes et la production d'osmorégulateurs (Ojala *et al.*, [8]), Duke *et al.*, [9]), Ruiz-Lozano et Azcon [10]). Une meilleure connaissance des relations spécifiques entre plantes et champignons est nécessaire pour une utilisation adéquate de ces microorganismes telluriques.

L'objectif de notre travail est d'évaluer l'effet d'un apport de différentes doses de NaCl sur le comportement de jeunes plants de *A. seyal* poussant sur un sol naturel contenant des champignons mycorhiziens arbusculaires endogènes.

Les différentes doses de NaCl correspondants aux traitements ont été apportées afin de déterminer la capacité maximale de tolérance des plantes au NaCl dans un substrat à faible teneur. Le développement des plantes et le comportement de la mycorhization face à l'augmentation du stress salin a été suivi.

## 2. Matériel et Méthodes

### 2.1- Substrat de culture

Le substrat de culture non stérilisé utilisé au cours de cette expérience a été prélevé dans la localité de Bambey au Sénégal au niveau de la rhizosphère de *A. seyal*. Les caractéristiques physico-chimiques de ce sol sont mentionnées dans le tableau I.

**Tableau I :** Caractéristiques physico-chimiques du sol de Bambey

Détermination/Identité		Sol de Bambey
Pâte saturée	pH	5,5
	CE mmho/cm	0,49
Suop PH 1/2,5	Eau	6,5
	KCl	5,2
Complexe absorbant en Meq/100g	Ca	1,60
	Mg	0,60
	Na	0,09
	K	0,04
	Somme S	2,33
	T=CEC	1,78
	V=S/T x 100	131
Carbone total ‰		2,39
Azote total ‰		0,238
C/N		10
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> assimilable ppm Olsen		11,5
Granulométrie %	Argile	3,86
	Limon fin 2-20	2,32
Microns	Limon gross. 20-50	5,52
	Sable fin 50-200	60,8
	Sable gross > 200	24,9
Texture		sable

### 2.2-Matériel végétal

Les graines d'*A. seyal* utilisées au cours de cette expérience ont été récoltées à maturité dans la localité de Bambey. Elles ont été traitées à l'acide sulfurique (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) à 95% pendant 30 minutes puis rincées abondamment à l'eau distillée stérilisée, avant d'être immergées dans de l'eau distillée stérilisée pendant 2 h afin de faciliter leur germination. Elles ont été mises à germer dans des boîtes de Petri contenant de l'eau gélosée à 1%. Ces boîtes ont été placées dans une étuve à 30°C pendant 48 h à l'obscurité. Les plantules d'*A. seyal* ont été semées (1 semis par pot) dans des pots de culture en plastique contenant chacun 1,5 Kg de sol non stérile afin que les champignons natifs de ce sol servent de source d'inoculum mycorhizien. Ces pots en plastique (diamètre 14,5 cm ; hauteur 13 cm) sont appropriés pour le développement racinaire des jeunes plants mis en culture pour une période de 3 mois et sont munis d'un dispositif de drainage

permettant de déterminer la capacité au champ.

### 2.3- Dispositif expérimental

Les plantes contenues dans les pots de culture ont été disposées en plusieurs groupes correspondant aux différents traitements suivant le taux de salinité appliqué au substrat avec un témoin constitué par le sol d'origine sans application de sel. Le sel a été apporté sous forme diluée dans de l'eau déminéralisée après 2 semaines de culture. Quatre traitements ont été effectués avec respectivement les doses de sel suivantes : 0 ; 0,5 ; 1 et 2 g de NaCl kg<sup>-1</sup> de substrat. Chacun des 4 traitements a été répété 10 fois dans un dispositif totalement randomisé. Les plantes, soumises à la température moyenne de 28°C en conditions naturelles ont été arrosées régulièrement à la capacité au champ avec de l'eau déminéralisée sans addition de sel afin de ne pas faire varier les concentrations en sel du substrat. Aucune addition de solution nutritive n'a été faite durant toute la durée de l'expérience qui s'est déroulée pendant 3 mois après le début d'application du stress.

### 2.4- Paramètres mesurés

La taille des plants a été mesurée une fois par mois jusqu'à la fin de l'expérience. A la récolte, les parties aériennes ont été séparées des parties racinaires au niveau du collet de chaque plante. Pour chaque traitement, des paramètres de croissances ont été mesurés. Les poids de matière sèche des parties aériennes et racinaires ont été déterminés après passage à 70°C à l'étuve pendant 7 jours. Le pourcentage de mycorhization des racines latérales a été estimé après éclaircissement des racines dans du KOH à 10% puis coloration avec du bleu trypan 0,05% dans du lactophénol selon la méthode de Philips et Hayman

[11]. L'observation des fragments de racines colorées a été faite au microscope.

Des analyses chimiques des parties aériennes ont permis de déterminer la teneur des éléments minéraux tels que le phosphore, le sodium, le carbone, l'azote et le potassium.

### 2.5- Analyses statistiques

Les analyses de variance sur les données obtenues ont été réalisées avec le test de Newman Keuls au seuil 5% pour la comparaison des moyennes.

## 3. Résultats

### 3.1-Développement végétatif de *A. seyal*

Les différents traitements ont eu un effet stimulateur ou dépressif sur la croissance des plantes de *A. seyal* (Tableau II). L'effet dépressif est proportionnel au taux de NaCl.

**Tableau II** : Evolution de la croissance en hauteur des plants de *A. seyal* en fonction du temps et du taux de NaCl.

Niveau de NaCl g kg <sup>-1</sup> de substrat	Taille des plants (cm) ± écart-types		
	Mois 1	Mois 2	Mois 3
0	31,4 ± 3,9	49,8 ± 3,7	62,9 ± 7,6
0,5	30,1 ± 4,6	51 ± 5,8	66,8 ± 7,3
1	28,3 ± 3,0	45,8 ± 4,1	56,6 ± 8,4
2	23 ± 5,0	40,5 ± 6,2	55,3 ± 5,4

Au premier mois de culture, nous observons que l'augmentation de la concentration en NaCl a un effet dépressif sur la croissance en hauteur des plantes sur tous les traitements. Une différence significative est notée sur la hauteur des plantes lorsque la concentration est de 2 g de NaCl kg<sup>-1</sup> de substrat.

Au bout de 3 mois de culture, les plantes n'ayant pas reçu d'apport de NaCl atteignent une taille moyenne d'environ 62,9 cm. Par contre, selon l'apport en NaCl dans le substrat de culture les moyennes de

taille sont variables avec 66,8 cm (0,5 g de NaCl), 56,6 cm (1 g de NaCl) et 55,3 cm (2 g de NaCl). Au delà de 2 g de NaCl dans le milieu, le taux de mortalité est assez élevé chez les plantes.

L'apport d'une faible quantité de NaCl dans le milieu semble stimuler la croissance des plantes. En effet, les plantes ayant reçu un apport de 0,5 g de NaCl ont une croissance améliorée de l'ordre de 3 % par rapport à celles n'ayant pas reçu d'apport. Au-delà de 0,5 g de NaCl kg<sup>-1</sup> de substrat, nous observons une décroissance de la taille des plantes allant de jusqu'à 9,45 % pour les plantes ayant reçu un apport de 2 g de NaCl Kg<sup>-1</sup> de substrat.

Le poids de matière sèche des plantes varie également suivant l'apport en NaCl. Les moyennes concernant les parties aériennes (Tableau III) sont de 2,75 ; 3,32 ; 2,54 et 2,15 g pour des doses respectives de 0 g, 0,5 g ; 1 g et 2 g de NaCl kg<sup>-1</sup> de substrat. Les plants ayant reçu une faible dose de sel (0,5 g de NaCl kg<sup>-1</sup> de substrat) montrent une amélioration du poids de matière sèche de l'ordre de 9,44 % par rapport aux plantes n'ayant pas reçu d'apport de NaCl.

**Tableau III** : Biomasses aériennes et racinaires de *A. seyal* en fonction du taux de NaCl

Niveau de NaCl g kg <sup>-1</sup> de substrat	Masse de matière sèche des parties aériennes (g)	Masse de matière sèche des racines (g)
0	2,75 ab	2,68 a
0,5	3,32 a	2,32 ab
1	2,54 ab	2,08 ab
2	2,15 b	1,69 b

*Sur une même colonne, les chiffres suivis d'une même lettre ne présentent pas de différences significatives à p<0,05 (test de Newman-Keuls)*

Par contre, nous observons une baisse de poids de matière sèche des parties racinaires qui est liée à l'augmentation de taux de

salinité dans le substrat de culture. Cette baisse est de l'ordre de 22,49 % lorsque le substrat de culture contient 2 g de NaCl kg<sup>-1</sup> par rapport aux plantes sans apport de NaCl (0 g) dans le substrat montrant un effet dépressif net.

Les analyses minérales effectuées sur les parties aériennes des plantes broyées ont permis de mettre en évidence la teneur en divers éléments minéraux tels que le phosphore, le sodium, l'azote, le potassium et le carbone (Tableau IV).

**Tableau IV** : Concentrations moyennes en Phosphore (P), Sodium (Na), Carbone (C), Azote (N) et Potassium (K) des parties aériennes après trois mois de culture

NaCl (g kg <sup>-1</sup> de substrat)	Concentrations moyennes (en mg/plante)				
	P	Na	C	N	K
0	2,25 b	2,47 a	1197 ab	57,67 ab	24,44 ab
0,5	3,50 a	1,66 b	1476 a	74,00 b	30,86 b
1	3,14 ab	1,52 b	1135 ab	58,44 ab	24,90 ab
2	2,70 ab	2,15 ab	954 b	54,22 a	23,24 a

*Sur une même colonne, les chiffres suivis d'une même lettre ne présentent pas de différences significatives à p<0,05 (test de Newman-Keuls)*

Concernant le phosphore, l'analyse statistique des résultats montre des différences significatives entre les échantillons de plantes provenant des différents traitements avec un maximum de concentration pour 0,5g de NaCl kg<sup>-1</sup> de substrat. La concentration en phosphore la plus faible est notée pour le traitement 0 g de NaCl kg<sup>-1</sup> de substrat.

Les résultats des analyses portant sur les concentrations moyennes en sodium montrent des concentrations plus élevées dans le substrat sans apport de NaCl. Ces différences sont significatives comparées aux plantes ayant reçu des apports de 0,5 et 1 g de NaCl kg<sup>-1</sup> de substrat dont les

moyennes de concentration en sodium sont les moins élevées avec respectivement 1,66 et 1,52 mg de Na par plante. Les plantes ayant reçu des apports de 2 g de NaCl kg<sup>-1</sup> de substrat montrent des valeurs moyennes de concentration supérieures aux moyennes obtenues avec pour 0,5 et 1 g de NaCl kg<sup>-1</sup> de substrat. Cependant, les différences ne sont pas significatives entre ces moyennes.

Les moyennes obtenues concernant les analyses minérales de la composition en carbone, azote et potassium montrent la même tendance avec des moyennes plus élevées pour les plants ayant reçu comme traitement 0,5 g de NaCl kg<sup>-1</sup> de substrat. Ensuite suivent respectivement les valeurs moyennes obtenues avec 0, 1 et 2 g de NaCl kg<sup>-1</sup> de substrat. L'analyse statistique montre des différences significatives pour les teneurs en C entre traitements. Par contre, des différences significatives ne sont pas notées pour les concentrations en N et K.

### 3.2- Mycorhization

Les racines des plants de *A. seyal* ont été colonisées quel que soit le niveau de salinité (Tableau V). La fréquence de colonisation est supérieure à 80 % pour tous les traitements avec respectivement 95, 87, 91 et 97% pour les traitements 0, 0,5, 1 et 2 g de NaCl kg<sup>-1</sup> de substrat.

Les intensités moyennes de mycorhization ont été respectivement de 36,9 ; 49,9 ; 42,5 ; 52,6% pour des apports de 0, 0,5, 1 et 2 g de NaCl kg<sup>-1</sup> de substrat. Ces pourcentages de colonisation racinaire élevés montrent la capacité pour *A. seyal* à former des associations symbiotiques avec les champignons arbusculaires malgré l'effet du stress salin.

**Tableau V** : Fréquences et intensités de mycorhization chez les plants de *A. seyal* suivant la dose de NaCl

Dose de NaCl (g kg <sup>-1</sup> de substrat)	Fréquence de mycorhization (%)	Intensité de Mycorhization (%)
0	95	36,9
0,5	87	49,9
1	91	42,5
2	97	52,6

## 4. Discussions et conclusion

### 4.1- Effet de la salinité sur le développement de *A. seyal*

Les mycorhizes sont impliquées de façon fonctionnelle dans la tolérance des plantes à divers types de stress physiques et chimiques du sol (Marschner [12]), incluant la salinité (Juniper et Abott [3]) ; Ruiz-Lozano *et al.*, [13]). Cependant, la salinité induite par le NaCl pourrait être différente de la salinité naturelle, due à la présence de différents sels dans les sols naturellement salés (Bowen [14]).

L'influence de la salinité sur les jeunes plants de *A. seyal* se manifeste à différents niveaux en particulier sur les paramètres liés à la croissance. L'augmentation du stress salin a un effet dépressif sur la croissance des jeunes plants particulièrement lorsqu'il est élevé. Chez *A. seyal*, au-delà de 2 g de NaCl kg<sup>-1</sup> de substrat, le taux de mortalité était assez élevé. Ruiz-Lozano et Azcon [10] avaient observé que l'augmentation de la salinité jusqu'à 0,75 g de NaCl kg<sup>-1</sup> n'avait pas d'effet négatif dans la croissance et l'acquisition de nutriments chez les plants de laitues.

Les mesures du poids de matière sèche des plants des différents traitements montrent pour les parties aériennes une moyenne de poids supérieure quand l'apport de NaCl est également faible (0,5g de NaCl kg<sup>-1</sup> de substrat). L'analyse des résultats montre

que l'apport d'une faible dose de NaCl ( $0,5\text{g kg}^{-1}$  de substrat) semble stimuler la croissance des plants. Ce qui suggère une utilisation à faible concentration du NaCl dans les processus métaboliques permettant à la plante d'améliorer sa croissance. Cette faible concentration pourrait contribuer une meilleure tolérance de *A. seyal* aux milieux salés. Cependant, des études physiologiques s'avèrent nécessaires afin de mieux connaître les processus permettant la tolérance au sel de cette espèce. L'augmentation du taux de NaCl au delà de  $0,5\text{ g kg}^{-1}$  de substrat se traduit par une baisse de la biomasse aérienne sèche.

Par contre, le poids de matière sèche des parties racinaires baisse quand le taux de NaCl augmente. Ce qui montrerait que les racines de *A. seyal* sont affectées de manière négative par la présence de NaCl dans le sol réduisant ainsi leur développement et leur extension.

La baisse du poids de matière sèche liée à l'augmentation de la salinité du substrat a également été confirmée par Al-Karaki [2] sur la tomate.

#### **4.2- Nutrition minérale en présence de stress**

Les teneurs moyennes en éléments minéraux en particulier pour le traitement  $0,5\text{ g de NaCl kg}^{-1}$  de substrat restent les plus élevées concernant le phosphore, le carbone, l'azote et le potassium. Ces moyennes sont en rapport avec celles des poids de matière sèche des parties aériennes et des tailles qui sont également plus élevées pour le traitement  $0,5\text{ g de NaCl kg}^{-1}$  de substrat. De nombreuses études ont montré que les champignons arbusculaires contribuent à la croissance des plantes par l'amélioration de la nutrition minérale en particulier ceux qui ont une faible mobilité tels que le P, le Cu et le Zn (Al-Karaki et Clark [15]); Bethlenfalvai et al., [16]). La

meilleure intensité de mycorhization observée avec le traitement  $0,5\text{ g de NaCl kg}^{-1}$  de substrat semble avoir contribué à la nutrition hydrominérale des plantes aboutissant à un meilleur développement de ces dernières. La sévérité du stress semble jouer également un rôle dans l'augmentation de l'intensité de mycorhization du fait de la difficulté pour les plantes de puiser du sol les substances nécessaires à leur développement.

Concernant le phosphore, au delà du traitement  $0,5\text{ g de NaCl kg}^{-1}$  de substrat, une baisse progressive de la teneur en P corrélée à l'augmentation du taux de NaCl dans le substrat de culture est observée. Al-Karaki [2] suggère que cela pourrait être dû à une baisse du transport du P par les hyphes dans les racines et au prélèvement par les plantes dans ces conditions. Selon Sentenac et Grignon [17], les plantes qui croissent sous de fortes salinités pourraient avoir une faible affinité pour les ions  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  (la source préférée de phosphate pour les plantes). La baisse du prélèvement en phosphore par les plantes mycorhizées en condition de stress salin a été décrite par d'autres auteurs (Hirrel et Gerdemann [7]) ; Pond et al., [18] ; Poss et al., [19]).

L'augmentation de la teneur en NaCl dans le substrat de culture est corrélée à une baisse de la teneur en sodium dans les parties aériennes des plantes. Ce phénomène pourrait être lié à une meilleure intensité de mycorrhization des racines observée avec l'augmentation du NaCl du milieu de culture. Selon Giri et Mukerji [20], la mycorhization empêcherait la translocation du Na dans les tissus des plantes tandis que Levitt, [21] attribue l'exclusion et le rejet du Na au niveau cellulaire.

Par contre, la mycorhization et la teneur en NaCl n'ont pas eu d'effets significatifs sur

les teneurs en azote et en potassium quelle que soit la concentration de NaCl apporté au substrat de culture.

#### **4.3- Stress et mycorhization**

Les résultats obtenus au cours de cette étude montrent pour la première fois la capacité pour *A. seyal* à former des associations symbiotiques avec des champignons arbusculaires. L'addition de divers sels dans le sol est connue pour son influence négative dans la mycorhization des plantes.

Cependant, dans notre étude, la mycorhization ne semble pas être affectée par les taux de sels présents dans les substrats de culture car nous observons de bons taux de mycorhization quelle que soit la dose de NaCl dans les différents substrats de culture étudiés. Ces résultats confirment ceux de Ruiz-Lozano *et al.*, [22] qui ont montré suite à des travaux sur trois champignons arbusculaires que le niveau de NaCl dans le substrat n'affecte pas la capacité de colonisation des champignons étudiés. Aliasgharzadeh *et al.*, [22] ont observé une augmentation de la colonisation racinaire par les champignons mycorhiziens arbusculaires en conditions de stress salin. Cette mycorhization semble favorable au prélèvement de nutriments dans le sol grâce à l'extension des hyphes qui permet aux champignons colonisant les plantes de prélever les éléments nutritifs au delà de la zone d'extension racinaire et de l'échanger à la plante par l'intermédiaires des arbuscules. Ce mécanisme pourrait jouer un rôle dans la résistance des plantes aux effets du stress salin. Ce qui pourrait se traduire par une amélioration de la nutrition hydrominérale.

Cette expérience pourrait favoriser une meilleure connaissance du comportement des plants en pépinière dans la perspective de reboisement des zones salées avec cette

espèce. En effet, *A. seyal* pourrait être un bon candidat pour le reboisement des zones salées du fait de sa tolérance au NaCl et de sa capacité à former des mycorhizes qui contribuent à l'amélioration de sa nutrition hydrominérale dans des environnements difficiles. D'où la nécessité de mettre en place des projets de reboisement prenant en compte à la fois l'implantation d'arbres tolérants à la salinité et l'utilisation raisonnée du potentiel microbiologique des sols qui pourraient permettre une meilleure adaptation de ces plantes.

Des études ultérieures par des essais avec des témoins non inoculés et par l'introduction de plants préalablement inoculés avec des champignons arbusculaires dans des milieux salés pourraient permettre de montrer l'apport des champignons arbusculaires dans la résistance au stress salin.

L'approche envisageable dans la lutte contre le stress pourrait consister à faire des études de diversité dans des sols de salinité variable et d'essayer d'identifier l'existence de souches plus tolérantes que d'autres à l'effet du stress. L'isolement de ces souches pourrait permettre de les inoculer aux jeunes plants en pépinière afin de les aider à lutter plus efficacement contre les effets du stress.

#### **Remerciements**

*Les auteurs remercient le projet AFORNET (Grant n° 17/2004) dont le soutien a permis la réalisation de ce travail.*

#### **5. Références bibliographiques**

- [1] Jain, R.K., Paliwal, K., Dixon, R.K. et Gjerstad D.H. 1989. Improving productivity of multipurpose trees on substandard soils in India. *J. For.* 87: 38-42.



- [2] Al-Karaki, G.N. 2000. Growth of mycorrhizal tomato and mineral acquisition under salt stress. *Mycorrhiza*, 10: 51-54.
- [3] Juniper, S. et Abbott, L. 1993. Vesicular-arbuscular mycorrhizas and soil salinity. *Mycorrhiza* 4 : 45-57.
- [4] Ducousso, M. 1991. Importance des symbioses racinaires pour l'utilisation des Acacias d'Afrique de l'Ouest. Thèse d'Université Claude-Bernard de Lyon, France 205 pages.
- [5] Diop, T. A., Guèye, M., Dreyfus, B.L., Plenchette, C., et Strullu D.G. 1994. Indigenous arbuscular mycorrhizal fungi associated with *Acacia albida* Del. In different areas of Senegal. *Applied Environmental Microbiology*, 60 : 3433-3436.
- [6] Mankarios, A.T. et Abdel-Fattah, G.M. 1994. Ecology of VA-mycorrhiza in some Egyptian soils. *Egypt. J. Bot.* 34 : 135-152.
- [7] Hirrel, M.C. et Gerdemann, J.W. 1980. Improved growth of onion and bell pepper in saline soils by two vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 44 : 654-655.
- [8] Ojala, J.C., Jarrel, W.M., Menge, J.A. et Johnson, E.L.V. 1983. Influence of mycorrhizal fungi on the mineral nutrition and yield of onion in saline soil. *Agron. J.* 75: 255-259.
- [9] Duke, E.R., Johnson, C.R., Koch, K.E. 1986. Accumulation of phosphorus, dry matter and betaine during NaCl stress of split-root citrus seedlings colonized with vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi on zero, one or two halves. *New phytol.* 104: 583-590.
- [10] Ruiz-Lozano, J.M. et Azcon, R. 2000. Symbiotic efficiency and infectivity of an autochthonous arbuscular mycorrhizal *Glomus sp.* from saline soils and *Glomus deserticola* under salinity. *Mycorrhiza* 10: 137-143.
- [11] Philips J.M. and Hayman D.S. 1970. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Transactions British Mycological Society* 55: 158-161.
- [12] Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. Academic Press, New York.
- [13] Ruiz-Lozano, J. M., Azcon, R. et Gomez, M. 1996. Alleviation of salt stress by arbuscular-mycorrhizal *Glomus* species in *Lactuca sativa* plants. *Physiologia Plantarum.* 98: 767-772.
- [14] Bowen, G. 1987. The biology and physiology of infection and its development. In : Safir GR (ed) *Ecophysiology of VA mycorrhizal plants.* CRC, Boca Raton, Fla, p 27-57.
- [15] Al-Karaki, G.N., Clark R.B. 1998. Growth, mineral acquisition, and water use by mycorrhizal wheat grown under water stress. *J. Plant. Nutr.* 21: 263-276.
- [16] Bethlenfalvay, G.J., Brown, M.S., Ames, R.N., Thomas, R.S. 1988. Effects of drought on host and endophyte development in mycorrhizal soybeans in relation to

- water use and phosphate upgrade. *Physiol. Plant.* 72 : 565-571.
- [17] Sentenac, H. et Grignon, C. 1985. Effect of pH on orthophosphate uptake by corn roots. *Plant Physiol.* 77 : 136-141
- [18] Pond, E.C, Merge, J.A. et Jarrell, W.M. 1984. Improved growth of tomato in salinized soil by vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi collected from saline soils. *Mycologia* 76 : 74-84.
- [19] Poss, J.A., Pond E., Menge, J.A. et Harell, W.M. 1985. Effect of salinity on mycorrhizal onion and tomato in soil with and witloof additional phosphate. *Plant Soil* 88 : 307-319.
- [20] Giri, B. et Mukerji, K.G. 2004. Mycorrhizal inoculant alleviates salt stress in *Sesbania aegyptiaca* and *Sesbania grandiflora* under field conditions : evidence for reduced sodium and improved magnesium uptake. *Mycorrhiza*, 14 : 307-312
- [21] Levitt J. (1980) Responses of plants to environmental stresses. II Water, radiation, salt, and other stresses. Academic press, New York
- [22] Aliasgharzadeh, N. Rastin, N.S., Towfighi, H., Alizadeh, A. 2001. Occurrence of arbuscular mycorrhizal fungi in saline soils of the Tabriz plain of Iran in relation to some physical and chemical properties of soil. *Mycorrhiza* 10 : 119-122.