

REPUBLIQUE DU SENEGAL
MINISTERE DE L'AGRICULTURE

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

I.S.R.A.
PRODUCTIONS FORESTIERES

CN970013
FG00
NDI

*CONTRIBUTION A L'ETUDE DE LA RESISTANCE
A LA SECHERESSE DE LIGNEUX SAHELIENS :
ETUDE DE LA CROISSANCE RACINAIRE INITIALE DE
*Acacia albida, A. raddiana. et A. senegal**

Par

Dr Aly NDIAYE, chercheur

Mars 1997

I. INTRODUCTION

Acacia albida, raddiana, et senegal appartiennent à ce qu'il est convenu d'appeler "les arbres utiles du Sahel", ou encore "arbres à usages multiples"

Dans le système agroforestier sahélien, ils ont un rôle dans :

- la limitation de la désertification ;
- la fertilisation et l'amélioration de la texture des sols arables ;
- l'alimentation des animaux (fourrages), etc..

On notera également leur importance comme bois à usages multiples (chauffe, service, etc...), leur rôle dans l'économie (gomme arabique) dans la médecine traditionnelle et leur utilisation dans beaucoup de pratiques sociales.

Ces rôles multiples font que ces arbres intéressent aussi bien les sciences fondamentales que celles appliquées (Nongonierna, 1977).

Cependant, on note que leur densité de peuplement diminue de manière très inquiétante du fait notamment de la sécheresse et de leur exploitation par l'homme et l'animal. Il faut également signaler que les parcs agroforestiers qu'ils forment sont vieillissants et ne se renouvellent pratiquement pas.

Toutefois, des actions déterminantes ont été entreprises au Sénégal pour inverser cette tendance. Les dernières actions initiées dans ce domaine et celles à venir sont inscrites dans le Programme d'Action Forestier du Sénégal.

C'est ainsi que pour lutter contre les effets de la sécheresse, l'accent a été mis sur la recherche de provenances qui valorisent au mieux les faibles quantités d'eau qui tombent sur des sols généralement légers, favorisant leur percolation. C'est dans cette direction que l'Institut Sénégalais de Recherches Agricoles (ISRA), par son département de recherches sur les productions forestières s'est investi de 1993 à 1995 en mettant en place une expérimentation sur la croissance racinaire initiale de 3 espèces d'*Acacia* sahéliens : *A. albida*, *A. raddiana* et *A. senegal*.

Ce document présente les résultats de trois campagnes d'essais menés pendant les hivernages 1993, 1994 et 1995 et d'une contre saison froide (1993). Les paramètres étudiés ont porté essentiellement sur les racines (longueur, vitesse et dynamique de croissance, poids et volume). Quelques composantes de la partie aérienne ont été également considérées

Ces expérimentations ont été initiées au vu des nombreux résultats obtenus par ailleurs (Pinthus et Eshell, 1962 ; Hurd, 1964 et 1975 ; Vieira Da Silva, 1984) qui font état d'une corrélation positive entre une bonne croissance racinaire initiale et un bon développement du système racinaire final.

Les résultats de nos travaux en plus de leur intérêt scientifique, trouvent aussi leur application pratique dans le choix de provenances les plus performantes pour les programmes de reboisement et d'agroforesterie et ceux d'amélioration génétique. En effet, de nombreux auteurs

rapportent le caractère héréditaire d'une bonne croissance racinaire initiale (Pohjakallio, 1945 ; Rome, 1962 ; Vieira Da Silva, 1984 ; Lehman et Engelke 1991).

II - MATERIEL ET METHODES

II-I. Matériel végétal

Il est constitué de 3 espèces d'*Acacia*

. *Acacia albida* (*Faidherbia albida*)

- Lot 90/3324 en provenance de Ndongolor : hivernage 1993
(Centre Sud Bassin Arachidier)
- Lot 90/28 16 en provenance de Pire : Contre saison 1993
(Centre Ouest du Sénégal)
- Lot 91/3324 en provenance de Sinthiou Koël : Hivernage 1994 et
(Centre Sud Bassin Arachidier) 1995

. *Acacia raddiana* (*A. tortilis* var. *raddiana*)

- Lot 88/22 17 en provenance de Guidick (Nord Sénégal) pour toutes les expérimentations

. *Acacia senegal*

- Lot 90/3014 en provenance de Dahra (Nord Sénégal) : Hivernage 1993
- Lot 91/3240 en provenance de Bandia (Centre Ouest Sénégal) pour les autres expérimentations

Les graines proviennent d'arbres semenciers sélectionnés par l'ISRA.

II-Z. Méthodes d'étude

Lorsqu'il s'agit de mesurer la réponse de la racine à l'environnement, on peut utiliser plusieurs méthodes destructives. Malheureusement ces méthodes sont généralement lourdes et ne sont pas souvent adaptées à l'étude de la dynamique racinaire (Box, 1993).

La technique utilisant le rhizotron ou le minirhizotron est non destructive et semble être plus adaptée au suivi de la dynamique racinaire. C'est cette technique qui a été utilisée dans cette étude tout en l'adaptant à nos conditions de travail.

Les rhizotrons sont constitués de tubes PVC de 16 cm de diamètre et 150 cm de longueur, transparents sur une partie de leur longueur. Les fonds sont fermés par un PVC plat percé de trous

que l'on peut boucher au besoin. Les rhizotrons sont remplis de terre de culture "dior" (sols ferrugineux tropicaux peu lessivés).

Le fond des tubes est recouvert d'une couche de gravillons de 10 cm d'épaisseur permettant l'écoulement de l'eau excédentaire par les trous. Les sols sont tassés de sorte à se rapprocher de la densité au champ. Les rhizotrons sont soumis à une inclinaison de 45° par rapport à l'horizontal. La partie transparente du rhizotron est recouverte par une toile de polyéthylène noire pour protéger les racines de la lumière. Les graines sont prégermées (24 à 48 h) et repiquées dans les rhizotrons. Ces derniers sont placés sous ombrière pendant 2 semaines avant d'être totalement exposés au soleil.

Les plantules ont reçu de l'eau à différentes dates :

- Hivernage 1993 : - 200 ml aux 10^e, 14^e et 21^e jours après repiquage
- Contre- saison 1993 : - Aucun apport d'eau pendant tout le cycle, les sols avaient été amenés à 12,76% d'humidité au départ.
- Hivernage 1994 : - 250 ml aux 18^e et 22^e jours et 17 mm de pluie au 30^e jour après repiquage.
- Hivernage 1995 : - 50 ml , à 24 et 48 h après repiquage et 100 ml aux 4^e, 10^e et 28^e jours.

Les humidités des sols à 50 cm du bord supérieur des rhizotrons s'établissent comme suit

au repiquas :

- 12,76 % = contre-saison 1993
- 4,11 % = hivernage 1994
- 2,16 % = hivernage 1995

à la récolte

- 4,69 % = hivernage 1993
- 4,58 % = contre-saison 1993
- 2,68 % = hivernage 1.994
- 3,71 % = hivernage 1.995

Pendant l'hivernage 1993, les sols ont été arrosés à saturation et le dispositif a été laissé sur place pendant 48 heures pour permettre à l'eau excédentaire de s'écouler par les trous au bas des rhizotrons. Au terme de ce temps, l'eau ne coulant plus à travers les trous, le repiquage a été effectué. Théoriquement, on peut considérer que les sols étaient à leur capacité au champ (Heller 1969).

Les plantes ont été repiquées et récoltées respectivement aux dates suivantes :

- Hivernage 1993 : 16 Juillet -20 Août
- Contre-saison 1993 : 16 Octobre -22 Décembre
- Hivernage 1994 : 14 Juillet -8 Septembre
- Hivernage 1995 : 17 Juillet -23 Août.

Le dispositif expérimental est constitué de Blocs Fisher complètement randomisés avec 3 traitements et 6 répétitions. On notera que pour l'expérimentation de 1995, l'analyse a été faite sur 5 répétitions ; la 6^e, ayant subi une attaque d'insectes, a été supprimée. Le test de Newman Keuls à 5% a été utilisé pour comparer les moyennes.

III - RESULTATS

III.1. Longueur et croissance racinaires

Les expérimentations ont révélé que les systèmes racinaires des espèces *d'Acacia* étudiés étaient pivotants.

Les différences entre les moyennes Ides longueurs des 3 espèces à la récolte, ont été significatives dans les 4 expérimentations (Tableau 1).

TABLEAU 1 : longueur racinaire à la récolte (cm)

	Hivernage 1993	Contre saison 1993	Hivernage 1994	Hivernage 1995
A	84,17 b*	125,5 a	59,50 b	92,40 b
R	120,58 a	130,05 a	105,50 a	122,12 a
S	75,5 b	90,63 b	59,42 b	54,14 c

A = *A. albida* ; R = *A. raddiana* ; S = *A. senegal*

* les chiffres ayant la même lettre ne sont pas significativement différents

Ainsi, il apparaît que pendant les 3^e hivernages, les moyennes des longueurs racinaires de *A. raddiana* ont été significativement supérieures à celles des autres espèces.

En 1993 et 1994 les moyennes des longueurs des pivots de *A. albida* et *senegal* s'inscrivent à la même classe. Pour l'hivernage 1995 la moyenne de *A. albida* est significativement supérieure à *A. senegal*.

Toutefois, on note que lors de la contre saison 1993, les longueurs racinaires de *A. raddiana* et *A. albida* ne sont pas significativement différentes entre elles. Cependant elles sont significativement différentes de celle de *A. senegal*.

Arithmétiquement la longueur du pivot de *A. raddiana* a été toujours la plus grande, suivie de celle *A. albida*. Celle de *A. senegal* a toujours été la plus petite.

Concernant la dynamique de croissance (figures 1, 2, 3, 4 et 5), on note qu'après environ 15 à 20 jours de croissance groupée, *A. raddiana* se détache des autres espèces. Dans cette croissance rapide il est généralement suivi de *A. albida*.

Fig 1 : croissance racinaire des trois (3) espèces (hivernage 1993)

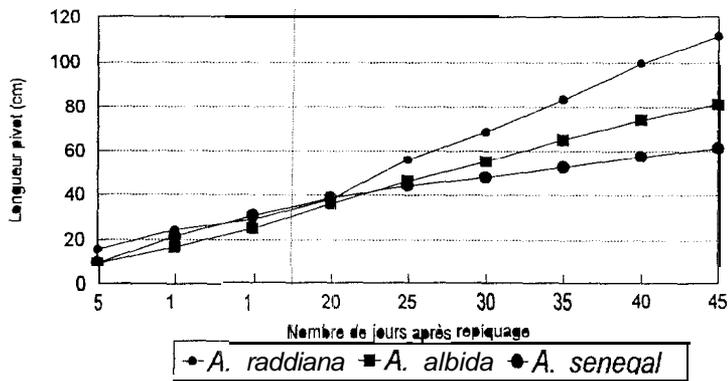


Fig 2: croissance racinaire des trois (3) espèces (contre saison 1993)

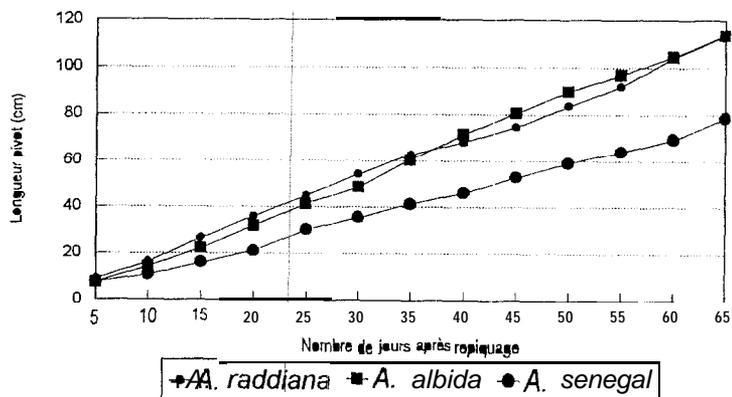


Fig 3 : croissance racinaire des trois (3) espèces (hivernage 1994)

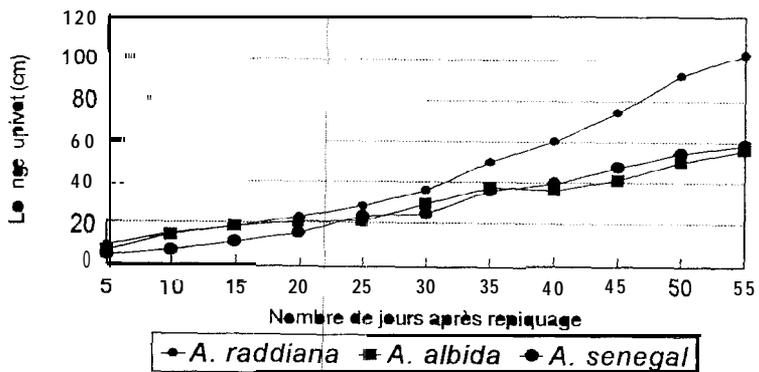


Fig 4 : croissance racinaire des trois (3) espèces (hivernage 1995)

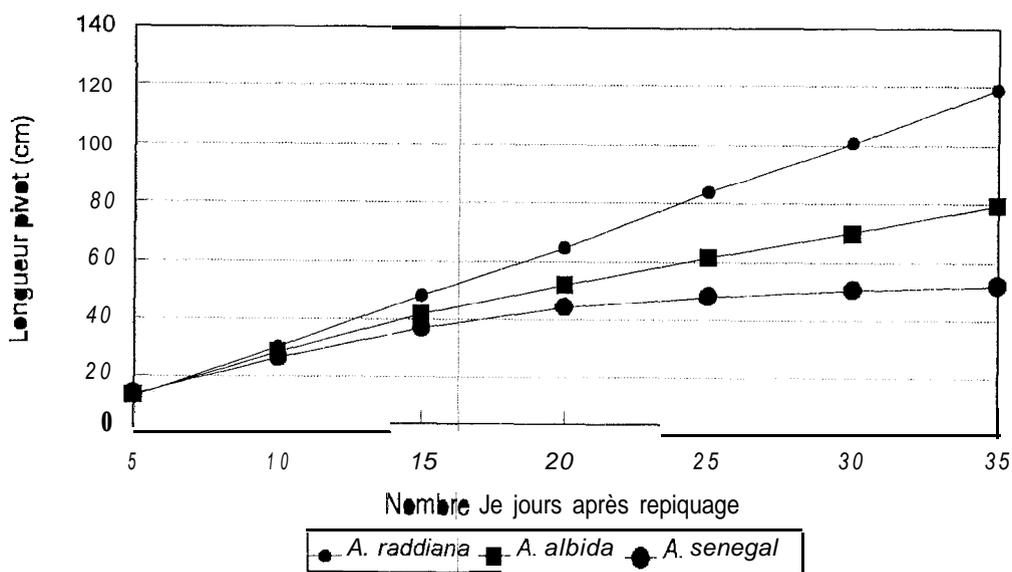
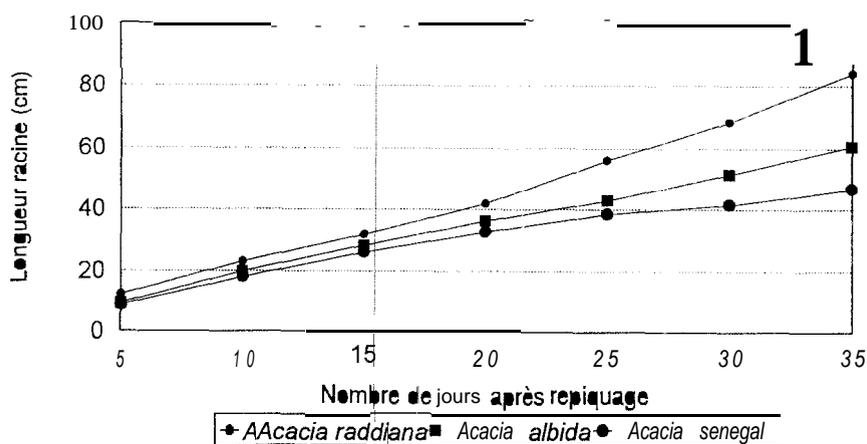


Fig 5 : croissance racinaire de trois espèces (Courbes moyennes des trois hivernages)



III.2. Poids sec racinaire

Les différences entre les moyennes n'ont été significatives que pendant l'hivernage 1995 où *A. albida* a été supérieur à *A. senegal* (tableau 2). Dans tous les cas *A. raddiana* a toujours eu la valeur arithmétique la plus élevée sauf en hivernage 1995.

TABLEAU 2 : Poids sec racine (g)

	Hivernage 1993	Contre saison 1993	Hivernage 1994	Hivernage 1995
R	0,40 a	0,52 a	0,14 a	0,13 ab
S	0,30 a	0,38 a	0,09 a	0,10 b
A	0,26 a*	0,33 a	0,12 a	0,15 a

A = *A. albida* ; R = *A. raddiana* ; S = *A. senegal*

* les chiffres ayant la même lettre ne sont pas significativement différents

III.3. Volume racinaire

Les différences entre les moyennes ont été généralement significatives, sauf pendant l'hivernage 1993 (tableau 3). *A. raddiana* a dominé les autres espèces en contre saison 1993 et en hivernage 1994. En 1995 *A. senegal* et *A. albida* ont eu des moyennes significativement différentes entre elles.

TABLEAU 3 : volume racinaire (cm3)

	Hivernage 1993	Contre saison 1993	Hivernage 1994	Hivernage 1995
A	1,43 a*	1,08 b	0,67 b	0,66 a
R	2,33 a	2,09 a	1,08 a	0,52 ab
S	1,30 a	1,25 b	0,60 b	0,30 b

A = *A. albida* ; R = *A. raddiana* ; S = *A. senegal*

* les chiffres ayant la même lettre ne sont pas significativement différents

III.4. Vitesse de croissance racinaire

En hivernage la vitesse de croissance racinaire de *A. raddiana* a toujours été la plus grande, suivie en cela de celle de *A. albida* ; *A. senegal* a été le plus souvent l'espèce la moins performante. Les moyennes en hivernage évaluées à la récolte, ont été de 2,68 ; 1,86 et 1,43 cm/jour pour respectivement *A. raddiana*, *A. albida* et *A. Senegal* (tableau 4).

TABLEAU 4 : Vitesses moyennes de croissance racinaire en hivernage (cm/jour)

	1993	1994	1995	Moyennes
A	1,87	1,06	2,64	1,86
R	2,68	2,88	3,49	2,68
S	1,68	1,06	1,55	1,43

A = *A. albida* ; R = *A. raddiana* ; S = *A. senegal*

La seule expérience qui a pu être menée en contre saison a permis de déterminer des vitesses de croissance racinaire de 1,94 ; 1,87 et 1,35 cm/jour pour respectivement *A. raddiana*, *A. albida* et *A. senegal*

III.5. Durée de l'expérimentation,

Cette durée correspondant au nombre de jours mis par le pivot de l'espèce la plus rapide pour atteindre le fond des rhizotrons a été variable. Cette variabilité est liée entre autres aux conditions d'expérimentation et au matériel végétal. Cette durée a été particulièrement longue en contre saison 1993 et exceptionnellement courte en hivernage 1995 (Tableau 5).

TABLEAU 5 : Durée de l'expérimentation (jours)

Hivernage 1993	Contre saison 1993	Hivernage 1994	Hivernage 1995
45	67	56	35

III.6. Partie aérienne

En ce qui concerne la hauteur, les différences entre les moyennes n'ont pas été significatives pour tous les essais (tableau 6).

TABLEAU 6 : Hauteur partie aérienne (cm)

	Hivernage 1993	Contre saison 1993	Hivernage 1994	Hivernage 1995
A	16,37 a*	17,42 a	11,42 a	9,14 a
R	13,0 a	18,58 a	14,17 a	7,42 a
S	14,58 a	16,33 a	12,32 a	8,94 a

A= *A. albida* ; R = *A. raddiana* ; S = *A. senegal*

* les chiffres ayant la même lettre ne sont pas significativement différents

Pour le poids sec de la partie aérienne (tableau 7) les différences entre les moyennes ont été significatives, sauf en hivernage 1993. Lors des hivernages 1994 et 1995, *A. raddiana* a eu des moyennes significativement différentes de celles des 2 autres espèces, qui de ce fait se retrouvent dans la même classe. En contre saison 1983, les espèces *raddiana* et *albida* ont eu des moyennes significativement différentes.

TABLEAU 7 : Poids sec partie aérienne (g)

Hivernage 1993		Contre saison 1993		Hivernage 1994		Hivernage 1995	
A	0,31 a*	0,41 b		0,16 b		0,17 b	
R	0,49 a	0,89 a		0,34 a		0,22 a	1
S	0,44 a	0,53 ba		0,16 b		0,17 b	1

A= *A. albida* ; R = *A. raddiana* ; S = *A. senegal*

* les chiffres ayant la même lettre ne sont pas significativement différents

III.7. Rapport longueur racinaire/hauteur partie aérienne

D'une manière générale ce rapport a été en faveur de la partie racinaire quelle que soit l'espèce considérée (tableau 8 et figures 6, 7, 8 et 9). Il se révèle particulièrement élevé pour *A. raddiana* : 10,51 en hivernage et 7,02 lors de la contre saison. Pour les autres espèces, ces rapports ont été respectivement de 6,74 et 7,21 pour *A. albida* et de 5,11 et 5,55 pour *A. senegal*.

TABLEAU 8 : Rapport longueur racine/partie aérienne (récolte)

	Hivernage 1993	Contre saison 1993	Hivernage 1994	Hivernage 1995	Moyennes hivernage
A	5	7,21	5,21	10,01	6,74
R	7,7	7,02	7,45	16,37	10,51
S	4,7	5,55	4,82	5,82	5,11

A= *A. albida* ; R = *A. raddiana* ; S = *A. senegal*

Figure 6 : Croissances aérienne et racinaire des trois espèces (Hiverage 1993)

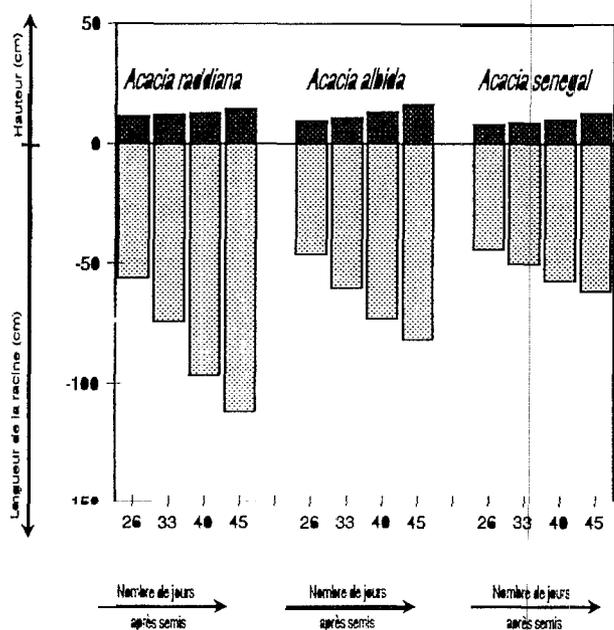


Figure 7 : Croissances aérienne et racinaire des trois espèces (Contre saison 1993)

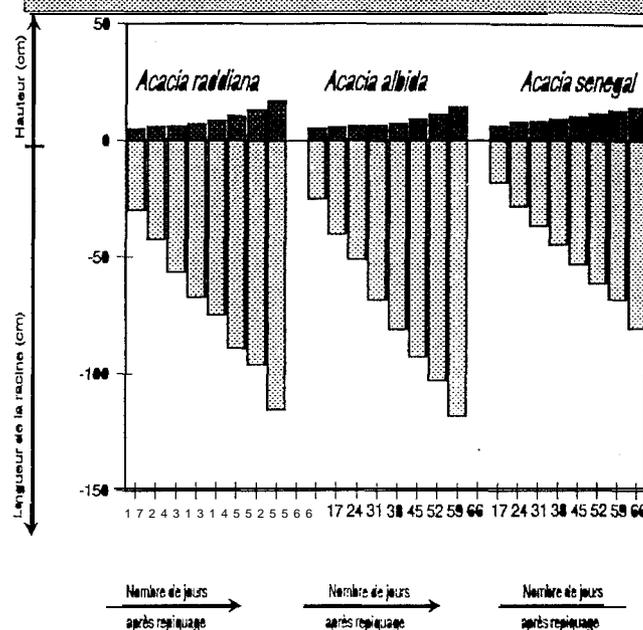


Figure 8 : Croissances aérienne et racinaire des trois espèces (Hiverage 1994)

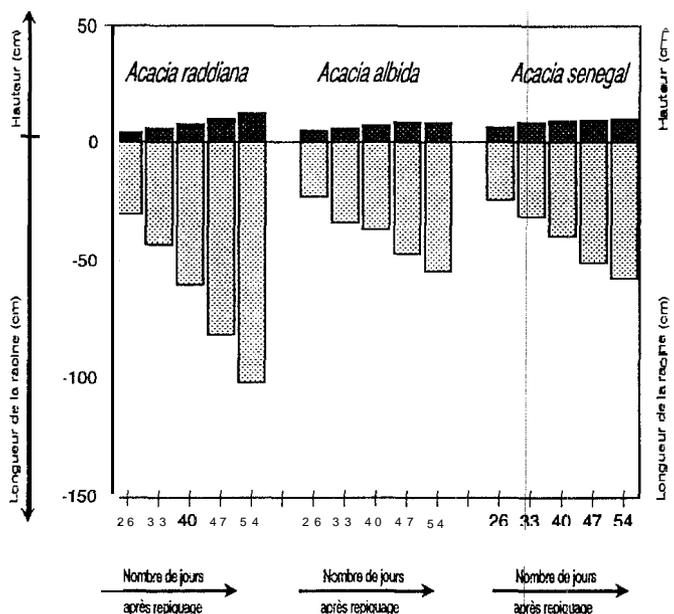
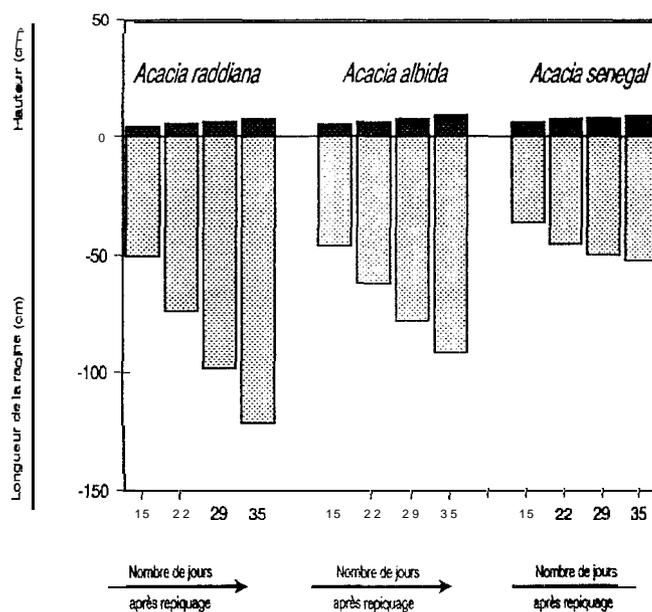


Figure 9 : Croissances aérienne et racinaire des trois espèces (Hiverage 1995)



IV - DISCUSSIONS

La technique utilisée nous a permis de suivre la dynamique de la croissance racinaire des 3 espèces d'*Acacia* étudiées. Elle a montré que ces espèces ont un système racinaire profond ou

pivotant. Il est admis selon de Raïssac (1993) que le système racinaire a quatre fonctions : ancrage, alimentation hydrique et minérale, synthèse des hormones et stockage d'assimilats.

Concernant la fonction d'ancrage, on devine aisément les avantages liés à un système d'enracinement profond chez les plantes pérennes où cette fonction de la racine est essentielle ; chez les plantes annuelles, ce rôle peut être moins important.

On ne manquera pas aussi de noter l'intérêt d'un tel type d'enracinement pour l'alimentation hydrique des espèces étudiées eu égard aux caractéristiques de leurs zones de colonisation.

Il faut signaler qu'en plus des qualités intrinsèques des plantes, la répartition des racines est fortement influencée par les propriétés physiques du sol, notamment sa densité apparente et sa stabilité structurale.

La domination de *A. raddiana* concernant les caractéristiques racinaires ne saurait surprendre si comme l'indique d'une part Bensaïd (1991) cette espèce est considérée comme la plus xérique des angiospermes arborescentes et si d'autre part on se réfère à son aire de distribution, comparativement à celles des autres espèces. En effet, *A. raddiana* est l'espèce dont l'aire de diffusion est la plus septentrionale dans la zone intertropicale nord (Nongonierma, 1977 et Bensaïd, 1991). C'est une zone de très faible pluviométrie. La sélection naturelle s'est certainement opérée sur la base de la capacité des espèces à limiter la déshydratation, en allant notamment puiser de l'eau dans les profondeurs des sols.

Ces types de sols riches en sable où les horizons superficiels sont à forte macroporosité sont très filtrants d'où l'intérêt d'espèces à croissance racinaire rapide. Cette caractéristique permettrait de mettre l'espèce en contact avec le front d'eau situé à de grandes profondeurs.

Dans les conditions naturelles, il semblerait que dès la germination, le pivot de *A. raddiana* tendrait vers les couches humides assurant ainsi la survie du plant, donc de l'espèce (Bensaïd, 1991).

Diouf (1996) rapporte que Ganaba (1994) a trouvé en milieu naturel le pivot de *A. raddiana* à 400 cm de profondeur. Le même auteur signale par ailleurs que Fournier (1995) a noté une profondeur de 350 cm sur le profil racinaire de cette espèce.

On aurait retrouvé des racines de *A. raddiana* à des profondeurs allant jusqu'à 30 m (L'Hôte, 1961). Dans le nord désertique, il est appelé "l'arbre du Ténére".

Cette capacité à atteindre les couches humides fait que l'espèce a un taux de transpiration très élevé (Zohary et Orshansky, 1956 cités par Bensaïd, 1991) et un régime hydrique très équilibré faisant que son cambium peut être actif toute l'année (Fahan, 1954, 1969).

L'Acacia albida a été plus performante que *A. senegal* dans notre expérimentation bien que son aire de répartition selon les travaux de Nongonierma soit située dans des zones plus humides comparativement à celles de *A. senegal*.

Plusieurs raisons peuvent expliquer cela. Ainsi, on peut penser que *A. senegal* ait pu développer d'autres stratégies d'économie de l'eau ou une meilleure efficacité dans son utilisation ou encore présenter un besoin en eau plus limité que *A. albida*. Les résultats de Colonna et al., (1993) indiquent quant à eux que *A. senegal* a un besoin en eau plus limité que *A. raddiana* dans les conditions hydriques normales.

On notera que les graines de *l'Acacia raddiana* utilisées ici proviennent d'une zone très septentrionale du Sénégal et que celles de *l'A. albida* de la contre saison d'une localité plus sèche que celles des autres provenances de la même espèce. Ainsi, on peut penser que la zone de provenance des graines utilisées dans les différentes expérimentations a pu influencer le comportement des plantes

Des éléments de réponse à de telles interrogations pourraient être fournis par une étude de la croissance racinaire basée sur une même espèce provenant de localités différentes. On pourrait

par exemple imaginer d'étudier des provenances d'une même espèce sur un gradient allant du nord-sud dans l'aire de répartition de l'espèce au Sénégal. Le même type de travail pourrait aussi être réalisé sur un axe ouest-est du pays.

Il faudrait d'ailleurs signaler ici les résultats obtenus par Diouf et Grouzis (1996) sur la distribution naturelle de *Acacia raddiana* au Sénégal montrant des limites sud de l'espèce différentes entre la partie ouest et la partie est du pays. En effet, ces auteurs ont trouvé l'isoyète 700 mm comme limite sud de *A. raddiana* à l'ouest du pays alors qu'à l'est, cette limite atteint l'isoyète 900 mm. En plus de l'intérêt scientifique d'études sur la croissance racinaire initiale basées sur les axes indiqués, elles pourraient également aider dans le choix de provenances pour les programmes de reboisement et d'agroforesterie selon la localité considérée.

Le bon comportement de *A. albida* en contre saison, pourrait s'expliquer par sa **phénologie** inversée (feuillaison, croissance et fructification en cours de saison sèche, défeuillaison au début de la saison des pluies).

Le système hormonal de l'arbre devrait jouer un rôle important dans ce phénomène. On sait en effet depuis longtemps que la teneur des différentes hormones varie chez les plantes pérennes selon la saison, et chez les plantes annuelles, selon le stade phénologique (de Raïssac, 1993).

Roupsard et al., 1996 pour leur part, signalent pour *A. albida* l'existence d'habitats et d'écotypes contrastés, notamment pour les ressources hydriques. Selon ces auteurs, cette espèce est capable de prélever de l'eau aussi bien profondément que superficiellement selon les saisons.

Lors de la contre-saison, on notera le grand nombre de jours mis par les espèces pour atteindre le fond des tubes (67 jours) et les hauteurs exceptionnelles de leur partie aérienne (tableau 6). Les conditions de développement à cette époque : basses températures, ensoleillement faible notamment peuvent favoriser ces comportements.

La rapidité avec laquelle les racines ont atteint le fond des tubes lors de l'hivernage 1995 (35 jours) peut être liée au déficit hydrique dans les rhizotrons (2,16 % d'humidité au départ et seulement 400 ml d'eau reçus). Ces conditions de déficit hydrique ont pu en effet stimuler la croissance des pivots qui vont chercher les faibles quantités d'eau disponibles dans les profondeurs des rhizotrons.

Si l'on considère la dynamique de croissance des espèces (fig. 1, 2, 3, 4 et 5), on constate une croissance plus rapide à partir de 15 à 20 jours après la date de repiquage. Cela peut être lié à la sortie des plantules de l'ombrière, situation entraînant des conditions de température et de lumière idéales pour le développement de celles-ci.

Les figures 6, 7, 8 et 9 rendent compte de l'évolution des rapports entre les croissances aériennes et racinaires en fonction du nombre de jours après repiquage. On notera que les 3 espèces privilégient la croissance racinaire par rapport à celle aérienne. Bensaïd (1991) a obtenu des résultats semblables sur *A. raddiana*. Cette stratégie consistant à favoriser la croissance racinaire par rapport à celle aérienne est beaucoup plus marquée chez *A. raddiana* que chez les autres espèces. Dans le cadre de notre étude, les rapports en faveur de la partie aérienne sont de 16,37 ; 10,01 et 5,82 en hivernage 1995 pour respectivement *A. raddiana*, *albida* et *senegal* (tableau 8).

Cette caractéristique n'est pas sans intérêt dans les zones d'implantation de ces espèces où elles doivent tirer le maximum de profits des faibles quantités d'eau qui tombent pendant la saison des pluies et surtout pour survivre à partir de l'eau située dans les nappes profondes pendant toute la période sèche (8 à 9 mois). La réduction de la partie aérienne peut participer à la réduction de la surface transpirante, permettant ainsi une économie de l'eau.

La régulation entre croissance aérienne et racinaire est sous le contrôle de facteurs complexes dont certains sont dépendants de la plante, d'autres de l'environnement.

Le système hormonal (auxines et cytokinines notamment) joue un rôle important dans la régulation de la croissance des compartiments racinaire et aérien de la plante.

Troughton (1955) cité par Picard (1984) a mis en évidence l'intervention du fonctionnement racinaire dans la boucle d'autorégulation de la croissance et du développement aérien et réciproquement.

Dans un passé plus récent Brower et Wit (1969) cité par Keppler (1991) ont développé le concept d'équilibre fonctionnel où chaque compartiment fournirait à l'autre des matériaux essentiels à sa croissance.

Partant de ce concept, si une contrainte modifie cet équilibre il y aura selon de Raissac (1993) :

- soit une diminution du rapport partie aérienne/partie racinaire en réponse à une contrainte hydrique ou une déficience azotée ;
- soit une augmentation du rapport sous éclaircissement limitant

La compétition entre partie aérienne et racinaire concernant des substrats entrant dans les processus de la respiration d'une part et des dérivés de la photosynthèse d'autre part est rapportée par des auteurs comme Webb (1978), Szaniawski et Adams (1974), Eliason (1968, 1971) et Webb (1976 a). Par ailleurs, Aerts et al. (1991) indiquent qu'en conditions de nutrition suffisante les plantes étudiées (*Erica tétralix*, *Calluna vulgaris* et *Molinia caerulea*) allouent moins de matières nutritives aux racines qu'aux parties supérieures.

Pendant ces stades de développement intense (début de croissance) il est évident que les besoins en produits carbonés (glucides notamment) sont importants. Il est donc utile que la plante ait une activité photosynthétique intense et qu'elle ordonne la distribution de ces photosynthats en tenant compte notamment de son environnement.

Chez certaines plantes annuelles comme l'arachide, les croissances aérienne et souterraine sont coordonnées (Ketring, 1984). Chez le sorgho, des résultats ont montré que les variétés les plus résistantes à la sécheresse sont celles qui ont le ratio partie souterraine/partie aérienne élevé (Nour et Wiébel, 1978).

De Raissac (1993) citant les travaux de Picard (1984) et de Bosc et Maertens (1981) rappelle que l'approfondissement des connaissances sur la structure de l'enracinement et sa cinétique de croissance et de ramification pourrait aider à la compréhension des liens fonctionnels existant entre les systèmes racinaire et aérien des plantes.

V. CONCLUSIONS

Les résultats obtenus dans notre étude montrent que la technique utilisée ici (rhizotron) permet de suivre la dynamique de croissance racinaire des espèces étudiées (*A. raddiana*, *A. albida* et *A. senegal*). Si l'on s'y intéresse, quelques caractères du développement aérien aussi peuvent être étudiés par la même occasion (croissance, nombre de feuilles, ramification par exemple).

La technique nous a permis de noter que les espèces développaient un système d'enracinement profond ou pivotant. Il y a des différences significatives entre les longueurs des pivots des espèces en fin de parcours. *A. raddiana* a été l'espèce la plus performante comparativement aux autres. Elle a été généralement suivie de *A. albida*. *Acacia. senegal* a été l'espèce la moins performante. Nous avons aussi noté que le rapport partie racinaire (longueur

pivot) sur partie aérienne (hauteur plante) était en faveur de la partie racinaire et que là aussi *A. raddiana* a été l'espèce la plus performante. Nous avons souligné les avantages liés à de telles dispositions eu égard aux zones de développement de ces espèces.

Après ces résultats il serait intéressant au sein d'une même espèce de mener des études pour voir la différence de comportement selon la zone d'implantation de la provenance. On aurait par exemple pu imaginer une étude sur la vitesse initiale de la croissance racinaire avec des provenances de la même espèce sélectionnée sur un axe nord-sud du Sénégal ; le même travail pourrait d'ailleurs être mené sur l'axe perpendiculaire (ouest-est). Les résultats d'un tel travail pourraient être déterminant pour les propositions de choix de provenances que la recherche devrait faire à l'endroit des structures du développement engagées dans les Programmes de reboisement et/ou d'agroforesterie..

Concernant les travaux de sélection génétique pour la résistance à la sécheresse les résultats obtenus ici montrent une fois de plus la nécessité d'associer la physiologie à la génétique comme l'ont souligné par ailleurs plusieurs auteurs dont Hurd (1975) et Lacape (1996) qui cite Quisenberry (1986), Richard (1991) et Blum (1992).

Le travail en rhizotron (ou dispositif assimilé) est d'une telle complexité qu'il apparaît nécessaire de constituer une équipe pluridisciplinaire, comme l'ont souligné Klepper et Kaspar (1994). En effet nous verrions bien dans l'équipe en plus du physiologiste et du généticien la participation d'un pédologue, d'un hydraulicien et d'un bioclimatologiste.

Si l'on considère les résultats obtenus ici et ceux signalés en introduction concernant d'une part la relation positive entre une bonne croissance racinaire initiale et un bon développement racinaire final et, d'autre part, le caractère héréditaire d'une bonne croissance racinaire, on mesure alors tout l'intérêt qu'il y a à développer les travaux entrepris. Les résultats de tels efforts pourraient être déterminants pour la réalisation de programmes de reboisement et/ou d'agroforesterie et de sélection génétique des espèces sahéniennes dans notre zone écologique.

BIBLIOGRAPHIE

- Aerts, R. Boot, R.G.A., and Van Der Aart, P.J.M., 1991 : The relation between above and below ground biomass allocation patterns and competitive ability. *Oecologia* 87 : 551 - 559
- BENSAID, 1991 : Germination au laboratoire en conditions naturelles et croissance en minirhizotron de *Acacia raddiana savi*. Physiologie des arbres en zones arides et semi arides. Groupe d'Etude de l'Arbre. Paris-France (1991) : 405-4 12.
- Blum, A., 1992 : The role of physiological techniques in breeding fashion in proceeding workshop : Field ecophysiological techniques for crop improvement in semi-aride areas - Monterotondo (Italy).
- Bosc, M. ; Maertens, C., 1981 : Rôle de l'accroissement du système racinaire dans l'absorption de divers états du potassium du sol - *Agrochimica* 25 : 1-8.
- Box, JE., 1993 : Use of the minirhizotron miniature video camera technique for measuring root dynamics *Geoderm* 56 : 133-141.
- Brower, Wit de C.T. 1969 : A simulation model of plant growth with special attention to root growth and its consequences in root growth - London (GBR) Butterworth, : 224-244.
- Colonna, P., Bradeau, E., Danthu, P., et Kane, I., 1993 : Effets du stress hydrique chez les végétaux. Application à trois espèces du genre *Acacia* bois et forêts des tropiques 238 : 25-26.
- Diouf, M., 1996 : Etude du fonctionnement hydrique et des réponses à l'aridité des ligneux sahéliens : cas de *Acacia tortilis* (Forssk) Hayne subsp. *raddiana* (savi) Brenan en zone soudano-sahélienne du Sénégal. Thèse de doctorat 3è cycle de Biologie Végétale, option Ecologie Végétale. Université Cheikh Anta Diop - Dakar - Sénégal. (4 Juin 1996) - 172 p.
- Diouf, M. et Grouzis, M., 1996 : Natural distribution of *Accacia tortilis* (Forssk.) Hayne subsp. *raddiana* (savi) Brenan i n Senegal : Ecological determinism. *International tree crops Journal*, 9 : 69-75.
- Eliasson, L., 1968 : Dependence of root growth on photosynthesis in *Populus tremula*. *Physiol. Plant* 21 : 806-810
- Eliasson, L., 1971 : Adverse effect of shoot growth on root growth in rooted cuttings of aspen. *Physiol. plant.* 25 : 268-272.
- Fahn, A., 1954 : The anatomical structure of the *Xanthorrhoeaceae*. *Journ. Linn. Soc. London Bot*, 55 : 158-184

- Fahn, A., 1969 : Plant anatomy. Perg. Press, London. 534 p.
- Fournier, Ch., 1995 : Fonctionnement hydrique de six espèces coexistant dans une savane sahélienne (Région du Ferlo Nord-Sénégal), TDM, ORSTOM, 165 p.
- Ganaba, S., 1994 : Rôle des structures racinaires dans la dynamique du peuplement ligneux de la région de la mare d'Oursi (Burkina Faso) entre 1980 et 1992. Thèse de doctorat 3^e cycle Université de Ouagadougou, 146 p.
- Granier, A., Breda, N., Barataud, F., Fort, C., 1995 : Fonctionnement des systèmes racinaires : Actes séminaires : la racine et les systèmes racinaires - Groupe d'étude de l'arbre 6-7 Avril ORLEANS - France : 55-73
- Heller, R. 1969 : Biologie végétale II Nutrition et métabolisme - Masson & Cie éditeur Paris France : 235-244.
- Hoogenboom, G., Huck, M.G. and Peterson, C.M., 1987 : Root growth rate of soybean as affected by drought stress. Agron. J. 79 : 607 - 614.
- Hurd, E.A., 1964 : Root study of three wheat varieties and their resistance to drought and damage by soil cracking. Can. J. Plant Sci. 44 : 240-248
- Hurd, E.A., 1975 : Need for physiology in breeding for drought resistance. Presented to the plant physiology Seminar, University of California, Riverside, Octobre 22. 3 1 p.
- Kaspar, T. C., Taylor, H.M., and Shibles, 1984 : Tap root elongation of soybean cultivars in glasshouse and their relation to field rooting depth. Crop Sci. 24 : 916-920
- Ketring, D.L., 1984 : Root diversity among peanut genotypes - crop. Sci. 24 : 229-232
- Klepper, B. , 1991 : Crop root system response to irrigation Irrigation. Science 12 : 105 - 108.
- Klepper, B. and Kaspar, T. C. , 1994: Rhizotrons: Their development and use in agricultural research. Agron. Jour-n. 86: 745-753.
- Lacape, J.M., 1996 : Effet de la sécheresse sur le cotonnier et amélioration génétique de son adaptation au déficit hydrique - Revue bibliographique (Septembre 1996). ISRA-CERAAS Bambey Sénégal : 5.
- Lehman, V.G. and Engelke, M.C. **1991** : Heritability estimates of creeping Bentgrass root systems grown in flexible tubes - Crop Sci. 31 : 1680-1684.
- L'Hote, H., 1961 : Au sujet de l'arbre du Ténére. Bull. liaison Sah. 12 : 49-54
- Nongonierma, A., 1977 : Contribution à l'étude biosystématique du genre *Acacia* Miller en Afrique Occidentale IV Distribution bioclimatique des différents taxa Bulletin de l'IFAN - T. 39, sér. A. 2 : 3 18-339

- Nour, A.M. and Wiebel, 1978 : Evaluation of root characteristics in grain sorghum Agron. J. 70 : 217-218.
- Pages, L., 1995 : Dynamique spatiale et temporelle de la ramification des jeunes cheris. Actes séminaire. Racine et système racinaire - Groupe d'étude de l'arbre 6-7 Avril Orléans France : 1-8
- Picard, D., 1984 : Etudes racinaires et résistance à la sécheresse In : Colloque. La résistance en zone tropicale : pour une lutte intégrée, CIRAD-TSRA Edit. Dakar (Sénégal) 1984/09/24-27 : 131-143.
- Pinthus, M.J., and Eshell, Y., 1962 : Observations on the development of the root system of some wheat varieties. Israel J. Agr. Res. 12 : 13-20.
- Pohjakallio, O., 1945 : The question of the resistance of plants to drought periods in Finland. Nord. Jordbr. Forskn 5-6 : 206-226.
- Quisenberry, J.E., 1986 : The interface between plant physiology and genetics in J.R. Mauney and J.M. Steward - Cotton physiology N°1, the cotton foundation reference book series, Memphis (TN) : 633-639. .
- Raïssac (de), M., 1993 : Les études sur les racines du CIRAD-CA. Bilan et éléments d'orientation. CIRAD France. Février 1993 : 33 p.
- Richards, R.A., 1991 : The role of physiological genetics in improvement of drought resistance in symposium abst. Gold. Jub. (New Delhi) 02/91 - 244-245
- Rome, A., 1962 : Heritability in the root system character of wheat in correlation with lodging resistance. Lucrari științifice (Cluj) 18 : 8 1-90.
- Rouspar, O., Joly, H.I., Dreyer, E., 1996 : Variation intra-parc du fonctionnement hydrique de *Faidherbia albida* (Del. A. Chev.) adulte en zone soudano-sahélienne. Résumé des interventions. Réunion "l'Acacia au Sénégal - 3-5 Décembre 1995 - OSRTOM-ISRA- DAKAR Sénégal : 4
- Szaniawski, R.K. and Adams, M. S., 1974 : Root respiration of *Tsuga canadensis* seedlings ad influenced by intensity of net photosynthesis and dark respiration of shoots. Amer. Midland Naturalist 91, 2 : 464-468
- Troughton, A., 1955 : The application of the allometric formula to the study of the relationship between the roots and shoots of young grass plants. Agric. Prog., 30 59-65.
- Vieira Da Silva, J.B., 1984 : Application des études fondamentales à l'amélioration des plantes résistantes à la sécheresse. Bull. Soc. Bot. Fr., 131 : 5 1-57.
- Webb, D.P., 1976a : Root growth in *Acer saccharum* Marsh seedlings : effets of light intensity and photoperiod on root elongation rates. Bot. Gaz. 137 (3) : 211-217

Webb, D.P., 1978 : Root life in seedlings of *Acer saccharum* : Symposium physiologie des racines et symbioses 11-15 septembre 1978 Nancy France : 57-70.

Zohary, M., Orshansky, G., 1956 : "Wadi araba" vegetatio., 17 : 15-37.