

CARACTERISTIQUES FONDAMENTALES DU SYSTEME RACINAIRE DE JEUNES PLANTS DE ACACIA TORTILIS (Forsk Hayne) EN CONDITIONS NATURELLES AU FERLO (Nord-Sénégal)

FUNDAMENTAL FEATURES OF ACACIA TORILIS SAPLINGS IN REAL CONDITIONS (Ferlo, North-Senegal)

Logbo¹ J., Diouf¹ M., Dô² F., Akpo^{1*} L. E.,

Résumé

Le travail a caractérisé d'une part le système racinaire de jeunes plants d'*Acacia tortilis* âgés de 10, 14 et 17 mois et d'autre part les surfaces de contact, les longueurs et les masses des racines produites au Ferlo dans le Nord-Sénégal en utilisant conjointement la méthode de profil racinaire et celle d'excavation. L'espèce présente un système racinaire comportant un pivot et des racines latérales. Le pivot, de nature orthotrope, supporte les racines latérales plagiotropes d'ordre 2 celles-ci génèrent à leur tour des racines d'ordre 3. Les surfaces de contact des racines latérales à gros diamètre sont partout importantes quel que soit le plant considéré. Elles diminuent suivant la taille des racines. Une partie des racines se développe en surface et l'autre en profondeur. La répartition des racines latérales le long du pivot est bi-modale, ou même se fait parfois de façon hétérogène. Cette répartition chez les plants arrosés est homogène le long du pivot sauf dans l'horizon 10-20 cm où les valeurs sont plus importantes durant les trois saisons. Les biomasses souterraines sont plus importantes chez les plants non arrosés que chez les plants arrosés d'*Acacia tortilis*.

Mots clés :

jeunes plants – Excavation - Surfaces de contact- Phytomasses.

Abstract

Work characterized on the one hand the root system of young seedlings of *Acacia tortilis* old of 10, 14 and 17 months and on the other hand surfaces of contact, the lengths and the masses of the roots produced in Ferlo in North-Senegal by jointly using the method of root profile and that of excavation. The species present a root system comprising a root tap and side roots. The root tap, of orthotropic nature, supports the side roots plagiotropes of order 2 those generate in their turn of the roots of order 3. Surfaces of contact of the side roots with large diameter are significant everywhere whatever the seedling considered, They decrease according to the size of the roots. Part of the roots develops on the surface and the other in-depth one. The distribution of the side roots along the root tap is bimodal, or even sometimes in a heterogeneous way. This distribution at the sprinkled seedlings is homogeneous along the safe root tap in the horizon 10-20 cm where the values are more significant during the three seasons. The underground biomasses are more significant on the seedlings not sprinkled than at the sprinkled seedlings, at the feet of *Acacia tortilis*.

Key words:

sasdlings - Excavation - Surfaces of contact - Phytomasses

^{1*} Laboratoire d'Ecologie, F.S.T./ UCAD, BP : 5005
Dakar- Fann (Sénégal) - : akpo@ird.sn ; akpo@ucad.sn

² CEFÉ/CNRS BP 5051, 34293 Montpellier, (France)

1 - Introduction

Dans les écosystèmes sahéliens, les arbres jouent un rôle essentiel ; ils interviennent non seulement dans le maintien de la fertilité mais aussi dans la structuration des sols. Ils sont par ailleurs source de résilience. Dans ces milieux, si la complémentarité favorise l'expression des potentialités de l'espèce, la compétition conditionne les modalités de l'utilisation de la ressource, voire la distribution des racines. Les végétaux sont généralement soumis en effet à la concurrence pour l'eau, les éléments nutritifs disponibles.

La connaissance du développement racinaire s'avère donc essentielle pour comprendre les stratégies d'occupation du milieu et les mécanismes d'adaptation à la contrainte.

Au niveau des arbres, les structures aériennes, telles que les pousses annuelles et les unités de croissance, peuvent être identifiées par la présence de marqueurs visibles (cicatrice de bourgeons, étage de branches). Au niveau racinaire, les structures sont difficiles à identifier, car il n'y a pas de marqueurs externes.

Le présent travail étudie en conditions naturelles les stratégies d'occupation du sol de jeunes plants d'*Acacia tortilis* à travers la distribution et la croissance racinaires d'arbres d'essences sahéliennes.

2 - Matériels et méthodes

2.1- Site d'étude

L'étude a été menée au Ferlo dans le Nord-Sénégal, près de Souilène (16° 20'N et 15° 25'W), à 400 km de Dakar (Figure 1).

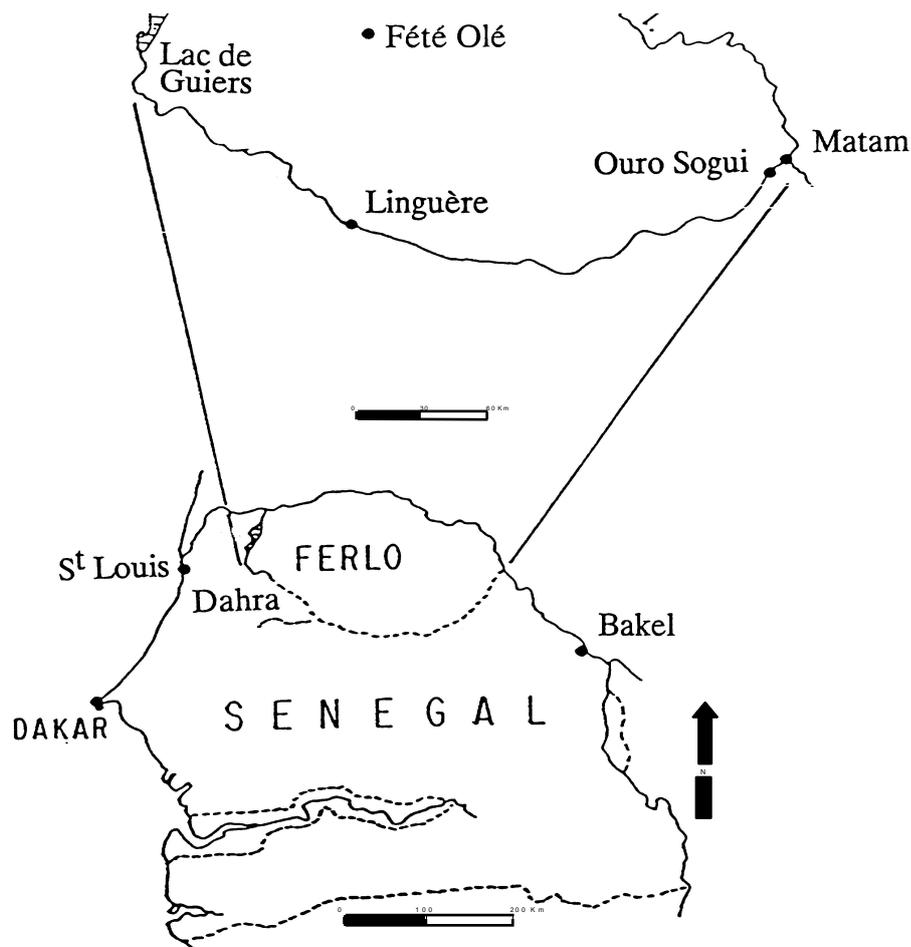


Figure 1 : Carte de situation du Ferlo (Sharman, 1982) et de la station de Souilène (Fournier, 1995)

Sur le plan géomorphologique, la région du Ferlo appartient aux formations de dunes de sables et se caractérise par un ensemble de rides asymétriques séparées par des dépressions longitudinales à sol sablo-argileux grisâtre localement calcaire et à sol hydromorphe à engorgement temporaire (Michel, [27]). Les sols, bruns rouge subarides, sont neutres à faiblement acides ($5,8 < \text{pH} < 7,2$) avec 90 à 95% de sable grossier et 3 à 5% d'argile dans les couches supérieures d'une part et 80 à 90% de sables, 8 à 10% d'argiles dans les couches inférieures d'autre part (Fournier, [16]). Ils sont pauvres en matières organiques.

Le climat est sahélien. La température moyenne annuelle s'établit à $28,6^{\circ}\text{C}$ tandis que les températures moyennes mensuelles minimale et maximale sont respectivement de $14,1^{\circ}\text{C}$ (janvier) et $40,4^{\circ}\text{C}$ (mai). La pluviométrie moyenne de la station de référence (Dagana, 1918-2000) est de 282 mm, avec un coefficient de variation de 37%. De 1990-1998, les précipitations annuelles recueillies au niveau du site varient de 90 mm (1990) à 299 mm (1994) avec une pluviométrie moyenne annuelle de 206 mm (CVS 34%). Dagana se caractérise aussi par un déficit pluviométrique persistant qui a commencé en 1970 (Akpo, [1]). Les pluies s'étendent de juillet à septembre. Ainsi dans l'année, on distingue classiquement deux périodes : une période sèche de 9 mois (octobre à juin) et une saison des pluies de 3 mois.

En fin de saison des pluies, la végétation se présente sous la forme d'un tapis herbacé continu piqueté d'arbres et d'arbustes. Les arbres et arbustes fréquemment épineux ne forment jamais une strate continue. La végétation étudiée appartient à une formation établie sur sols sablo-argileux à argilo-sableux et caractérisée par *Balanites aegyptiaca*, *Acacia tortilis*, et *Boscia senegalensis* (Valenza & Diallo, [38]). Ce type de végétation est largement représenté au Ferlo [1].

2.2- Choix des plants et mise en évidence des racines

Les plantules (*Acacia tortilis*) ont été repérées près des parcs à bétail et identifiées, en septembre 1999.

Le développement racinaire a été suivi en fin de saison sèche (juin 2000) ; fin saison des pluies (octobre 2000) et en pleine saison sèche (janvier 2001). Les plants étaient âgés donc de 10, 14 et 17 mois respectivement en juin 2000, octobre 2000 et janvier 2001.

Pour mettre en évidence les racines, nous avons dégagé tout autour du collet du jeune plant de manière centrifuge. Lorsqu'une ramification est rencontrée, on dégage son point d'intersection avec l'axe porteur jusqu'à son extrémité. On utilise une grille en nylon de 1m^2 (subdivisée en maille de 10 cm de côté, et de 1,15 mm de diamètre) disposée horizontalement autour du pivot de manière à ce que le centre de la grille coïncide avec l'axe de la racine principale.

Le suivi de la racine ou une partie de racine se fait maille par maille, l'intersection entre ramification et maille est un point qui a pour coordonnées (X, Y, Z) dans le repère constitué par la grille. L'axe des abscisses (X) est orienté suivant la direction N-S, l'axe des ordonnées (Y) suivant la direction E-W et l'axe (Z) matérialise la profondeur. L'origine d'une ramification a pour coordonnées (r, Y, Z) : r représente à la fois le rayon de la racine principale où se fixe la ramification et l'abscisse de la ramification.

Sur chaque élément ainsi repéré sont mesurés les paramètres suivants : diamètre au collet, diamètres du pivot au niveau des points d'émission des ramifications, diamètre basal de la ramification, diamètres des ramifications au niveau de chaque point d'intersection avec la grille, longueur et la profondeur d'enracinement à partir du collet vers l'apex.

Lorsque la longueur de la racine dépasse le cadre de la grille, celui-ci est déplacé suivant la progression de la racine.

2.3 – Traitement des données

Pour décrire le système racinaire de *Acacia tortilis*, nous avons utilisé la classification de Belgrand *et al.* [5] qui nous permettent d'identifier 3 catégories de racines :

- la racine d'ordre 1 (ou pivot) constitue le prolongement de la radicule. C'est un axe vertical, rectiligne, à croissance orthotrope. Elle est de nature ligneuse et de forme conique ;
- les racines latérales d'ordre 2 sont supportées par le pivot et à croissance plagiotrope et présentent une forme conique ; elles sont subdivisées en trois classes selon l'épaisseur :
 - ∅ les racines d'ordre 2 à gros diamètre ($0,5 < d > 2$ mm), de nature ligneuse, possèdent des longueurs plus importantes ;
 - ∅ les racines d'ordre 2 à diamètre moyen ($0,25 < d < 0,5$ mm), sont également de nature ligneuse ;
 - ∅ les racines d'ordre 2 à diamètre fin ou racines fines ($0 < d < 0,25$ mm), sont courtes et non ligneuses.
- les racines latérales d'ordre 3, très peu représentées, sont portées par les racines latérales d'ordre 2.

Nous avons défini :

- la longueur totale cumulée par horizon ($L = L_1 + L_2 + L_3$) qui correspond à la longueur totale des racines de fin ($0 < d < 0,25$ mm), moyen ($0,25 < d < 0,5$ mm) et gros ($0,5 < d > 2$ mm) diamètres ;
- la surfaces de contact des racines par unité de volume de sol ($S = \sum D_x \times L_x$) avec $x = 1, 2, 3$;
- la matière sèche (aériennes et souterraines) après passage à l'étuve à 80°C jusqu'à point constant ;
- l'humidité du sol a été déterminée sur des échantillons prélevés à divers

horizons autour de l'arbre, à tous les 10cm jusqu'à la profondeur maximale atteinte par le pivot. Les poids frais (Pf) sont mesurés immédiatement sur le terrain à l'aide d'une balance (Mettler type PM 2000). Les poids secs (Ps) sont par contre déterminés après séchage à l'étuve (type : EU500 EL/TS EXTR PROLABO). A partir de ces deux paramètres nous avons déterminé :

- l'humidité pondérale :
$$H_p (\%) = [(Pf - Ps) / Ps] \times 100$$
- l'humidité volumique :
$$H_v (\text{cm}^3/\text{cm}^3) = H_p \times D.a.s$$

3 - Résultats

3.1- Quelques caractéristiques climatiques

Le bilan climatique (figure 2) établi pour la station expérimentale de Souilène indique que la saison pluvieuse va de juillet à octobre, rarement à partir de juin.

Les pluviométries annuelles pour les deux années sont de 366 mm et 219 mm avec une variation de 40 %. Les périodes biologiquement humides pour les deux années de suivi sont de 34 jours et 35 jours respectivement.

Les températures ont atteint 41°C en mai et juin, pendant la saison sèche chaude et 17°C en décembre, janvier et février pour la saison sèche froide.

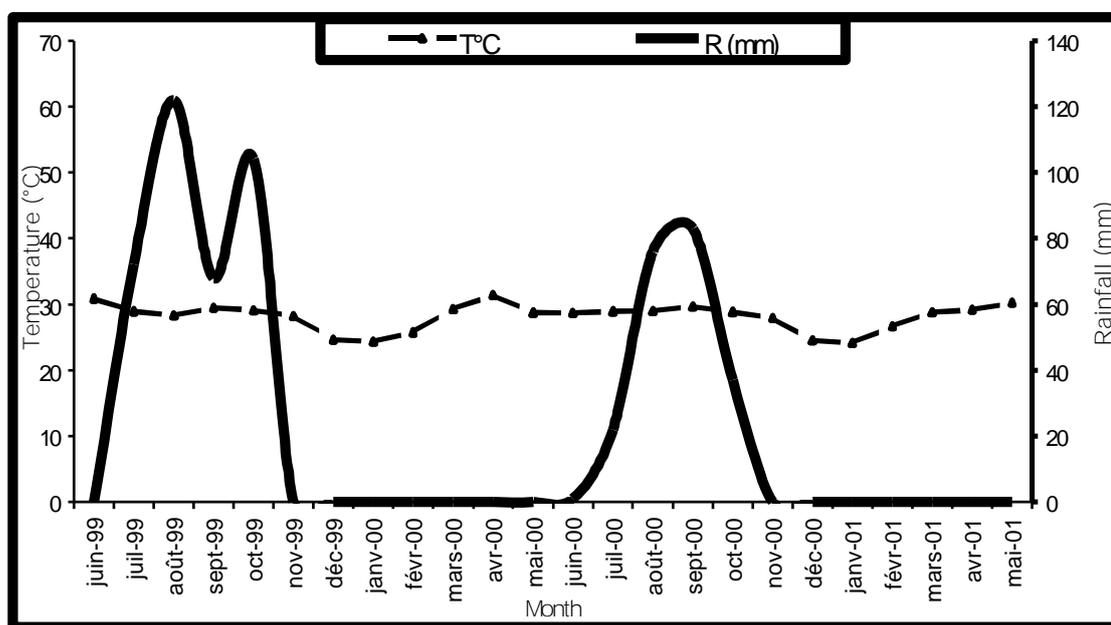


Figure 2 : Bilan climatique du site d'étude juin 1999 à mai 2001

3.2- Survie des jeunes plants

Le tableau I présente la variation annuelle de l'effectif des jeunes plants d'*Acacia tortilis* arrosés ou non.

Tableau I. Variation de l'effectif des jeunes plants d'*Acacia tortilis* arrosés (At_{ar}) ou non (At_{nar}) selon l'âge (N= nombre de plants)

Ages (mois)	2		10		14		20		32	
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
At_{nar}	263	77	203	43	114	17	45	12	32	12
At_{ar}	20	100	20	90	18	90	18	90	17	85

Les jeunes plants d'*Acacia* sont plus importants car les fruits d'*Acacia* constituent l'essentiel du fourrage pendant la période de soudure. Les stades 2 mois et 10 mois correspondent à la période allant de la fin de la saison des pluies (octobre 1999) à la saison sèche (juin 2000). Le

taux de survie durant cette période est de 77%. Au cours de la troisième saison sèche (stade 32 mois), le taux est de 14% pour *Acacia tortilis*.

Au cours de la seconde saison pluvieuse (stade 14 mois), le taux de survie est de 43%. Ce taux atteint 90% pour les jeunes plants arrosés.

3.3- Disponibilité en eau du sol

Nous avons présenté sur la même figure les profils hydriques sous *Acacia tortilis* arrosé et non arrosé, les profils de la capacité au champ et du $pF_{4,2}$.

L'humidité volumique présentée à la figure 3 a été déterminée en utilisant la valeur de 1,5 de densité racinaire des sols du Ferlo. En juin 2000 (Fig. 3 A), l'humidité volumique du sol est proche des taux d'humidité à $pF_{4,2}$. En surface, on a une forte diminution de l'humidité volumique qui atteint simultanément chez les deux individus $0,74 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$. Au delà, l'humidité des couches profondes est importante.

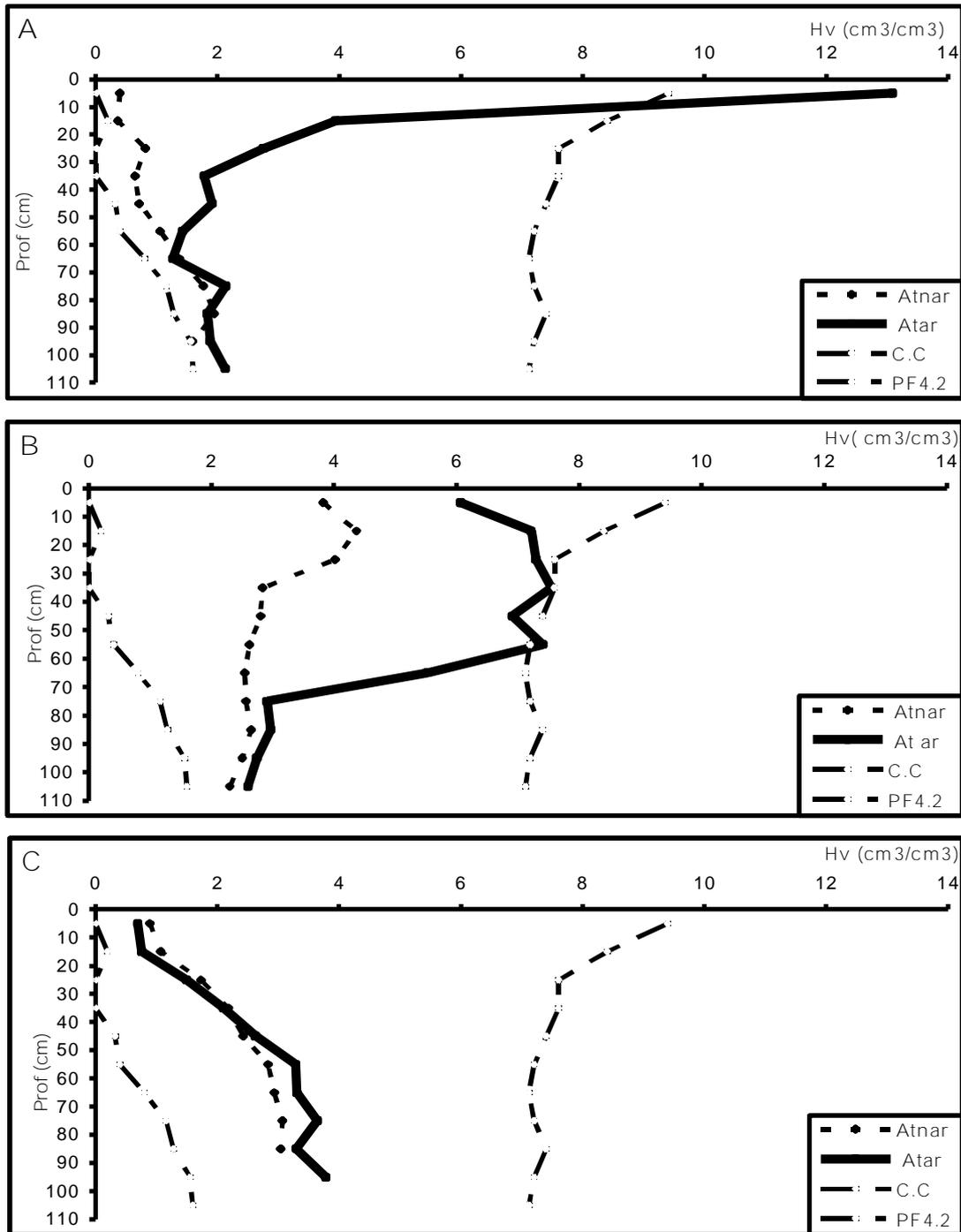


Figure 3 : Variation saisonnière des profils hydriques du sol ($At_{ar}=A. tortilis$ arrosé; $At_{nar}=A. tortilis$ non arrosé ; CC= capacité au champs ; $PF_{4,2}$ = point de flétrissement, A : juin 2000 ; B : octobre 2000 ; C : janvier 2001).

Chez l'individu arrosé, l'humidité volumique du sol est supérieure à la capacité au champ dans les 10 premiers centimètres puis, elle diminue ensuite progressivement pour atteindre le taux d'humidité à $pF_{4,2}$ dès les 50 premiers centimètres.

L'humidité volumique des pieds d'*Acacia tortilis* (Fig. 3 B) s'écarte des taux d'humidité à $pF_{4,2}$.

En juin 2000 (Fig. 3 A), l'humidité volumique du sol est proche des taux d'humidité à $pF_{4,2}$. En surface, on a une forte diminution de l'humidité volumique qui atteint simultanément chez les deux individus $0,74 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$. Au delà, l'humidité des couches profondes est importante.

Chez l'individu arrosé, l'humidité volumique du sol est supérieur à la capacité au champ dans les 10 premiers centimètres puis, elle diminue ensuite progressivement pour atteindre le taux d'humidité à $pF_{4,2}$ dès les 50 premiers centimètres.

L'humidité volumique des pieds d'*Acacia tortilis* (Fig. 3B) s'écarte des taux d'humidité à $pF_{4,2}$.

En octobre 2000, on assiste a une réhydratation du sol, chez le pied arrosé, l'humidité volumique atteint aux profondeurs 35 cm et 55 cm la capacité au champ du fait du cumul eau de pluie et arrosage en saison sèche.

En janvier 2001 (Fig.3 C), les deux profils sont similaires, on assiste dans l'ensemble à une diminution de l'humidité volumique. Cette diminution plus importante dans les 15 premiers centimètres du fait de l'évaporation et de l'absorption racinaire n'affecte pas les couches profondes.

3.4- Caractéristiques du système racinaire

3.4.1- Morphologie des systèmes racinaires

A partir de la classification des racines proposée par Belgrand *et al.* [5], nous avons identifié 3 catégories de racines :

- La racine d'ordre 1 (ou pivot) constitue la prolongation de la radicule. C'est un axe vertical, rectiligne, avec une extension orthotrope. Il est de nature ligneux et de forme conique ;
- les racines d'ordre 2, supportées par le pivot sont caractérisée par une extension plagiotrope et présente une forme conique ; elles sont subdivisées en trois classes de racines : les racines d'ordre 2 avec de gros diamètre ($0,5 < d < 2 \text{ mm}$), de nature ligneuse ont des longueurs plus importantes ; les racines d'ordre 2 avec des diamètres moyens ($0,25 < d < 0,50 \text{ mm}$) sont également de nature ligneuse. Les racines d'ordre 2 avec des diamètre fins ou racines fines ($0 < d < 0,25 \text{ mm}$) sont courtes et non ligneuses ;
- les racines d'ordre 3, très peu représentées.

3.4.2- Architecture racinaire

La figure 4 présente le système racinaire des différents pieds d'*Acacia tortilis* non arrosés (A, B, C) et arrosés (A', B', C') aux stades 10, 14 et 17 mois.

Le système racinaire est plus dense pour les pieds arrosés (A', B', C') que pour ceux non arrosés ; cela se traduit par une longueur cumulée plus importante.

Durant la seconde saison sèche, les plants non arrosés n'émettent plus de fines racines, contrairement aux plants arrosés, qui deviennent donc plus sensibles au manque d'eau :

- *juin 2000* : quel que soit le paramètre considéré, les valeurs observées sur les pieds arrosés sont nettement plus élevées que sur les pieds non arrosés (Fig. 4A). La différence atteint 37, 47 et 7% pour le pivot, le diamètre au collet et les racines latérales à gros diamètre au

- stade 10 mois. La différence entre les âges est largement atténuée après la première saison des pluies (26, 29 et 6% respectivement) ;
- *octobre 2000* : le pivot du pied non arrosé (fig. 4 B), à 3,8 cm de profondeur présente deux fourches. Chaque branche porte des racines latérales d'ordre 2. Le pivot du pied arrosé (Fig. 4 B'), de croissance orthotrope, de direction verticale et rectiligne présente à 82 cm de profondeur une courbure pour constituer un axe horizontal plagiotrope. Cet axe porte des ramifications à croissance orthotrope. La différence de la longueur et des diamètres au collet et apical du pivot entre les pieds arrosés et non arrosés est de + 26%, + 29% et + 50% respectivement. Elle est de + 7%, + 67% entre les racines latérales à gros diamètre et à diamètre fin ;
 - *janvier 2001* : le pivot du pied non arrosé (Fig.4 C) présente à 75 cm de profondeur une courbure à orientation plagiotrope pour remonter jusqu'à 30 cm de surface. Le pied arrosé (Fig.4 C') aurait été attaqué à 50 cm de profondeur, d'où une destruction du pivot originel. Un pivot néoformé est apparu. Au niveau de certaines ramifications latérales, on observe des racines à croissance verticale et à orientation orthotrope.

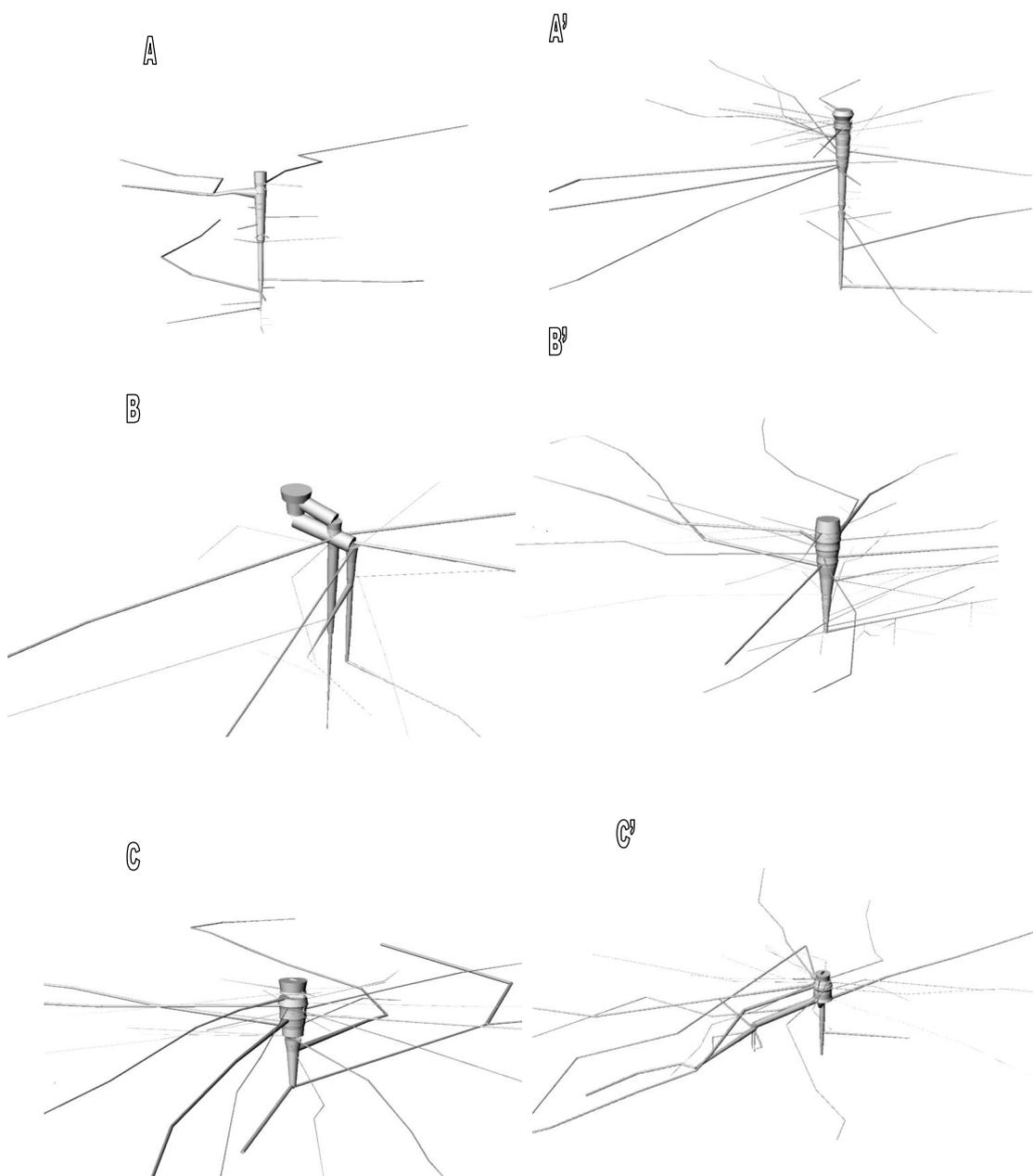


Figure 4 Variation du système racinaire d'*Acacia tortilis* non arrosé (A, B, C) et arrosé (A', B', C')

Tableau II : Dimensions des paramètres de croissance racinaire d’*A. tortilis* arrosé At_{ar} , ou non At_{nar}

Racines	Pivot						Ramifications						Longueurs cumulées (cm)	
	Longueur (cm)		Diametre (mm)				Longueur totale. (cm)							
			Collet		apex		GD		MD		FD			
Traite-ment	At_{nar}	At_{ar}	At_{nar}	At_{ar}	At_{nar}	At_{ar}	At_{nar}	At_{ar}	At_{nar}	At_{ar}	At_{nar}	At_{ar}	At_{nar}	At_{ar}
Juin (2000)	80	110	3,09	4,54	0,1	0,7	60	74	7,8	55,8	4	5,6	71,8	135,2
Octobre (2000)	100	126	6,17	7,97	0,2	0,3	117	125	87	102	45,4	76	249,4	303,2
Janvier (2001)	145	100	8,42	9,26	1,2	1,7	154	175	55	131	40	54,1	249	360,1

La forme du pivot aussi bien chez le pied non arrosé que chez le pied arrosé n’est pas unique. Les dimensions du pivot (collet et à l’apex), et des racines latérales (Tableau II) présentent des différences significatives d’une part entre la longueur et les diamètres au collet et apical du pivot. D’autre part, entre la longueur des racines latérales dominant à gros et à diamètre fin. Les valeurs des paramètres de croissances sont plus importantes au niveau des pieds arrosés que chez les pieds non arrosés quelque soit l’âge. La différence atteint 37 ; 47 et 7% pour le pivot, le diamètre au collet et les racines latérales à gros diamètre en 10 mois (juin 2000). La différence de la longueur et des diamètres au collet et apical du pivot entre les pieds arrosés et non arrosés au stade 14 mois (Octobre 2000) est de +26%, +29% et +50% respectivement. Elle est de +7%, 67% entre les racines latérales à gros diamètre et à diamètre fin. A 17 mois (janvier 2001), Les dimensions du pivot et des racines latérales restent plus importantes chez les plants arrosés.

4- Paramètres de croissance des racines
 4.1- Importance des classes de racines

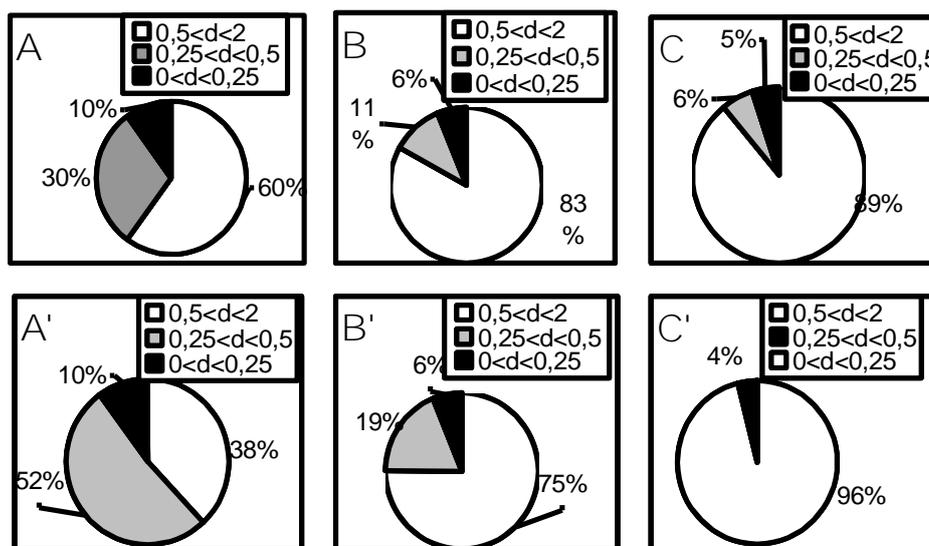


Figure 5 : Importance des classes de diamètre de racines chez *Acacia tortilis*

La figure 5 présente les surfaces de contact de différentes classes de diamètre des racines chez les pieds non arrosés (A, B, C) et arrosés (A', B', C') d'*Acacia tortilis*.

Les surfaces totales de contact des racines chez les pieds arrosés sont de 5893, 25805 et 38354 x 10⁻³ mm²/dm³ contre 5817, 9603 et 31257 x 10⁻³ mm²/dm³ pour les pieds non arrosés respectivement à 10, 14 et 17 mois. Les surfaces de contact des racines latérales à gros diamètre sont plus importantes quel que soit le plant considéré, elles représentent 89% et 96% à 17 mois. La différence de 22% obtenue à 10 mois en faveur des pieds arrosés suggère qu'en saison sèche un plus grand besoin de contact des racines avec le sol. Cette différence est atténuée avec l'âge (7% à 17 mois).

4.2 Distribution verticale

La distribution verticale du nombre de racines par classe de diamètre (Fig. 6) des pieds non arrosés (A, B, C) et arrosés (A', B', C') pour les trois saisons d'excavation le long des profils n'est pas uniforme. 75%, 63% et 93% des racines sont concentrées dans la tranche de sol 0-45 cm pour un pied arrosé contre 59%, 37% et 92% pour un pied non arrosé. A 10 et 14 mois la différence est importante puis devient nulle à 17 mois. La deuxième saison des pluies a favorisé l'homogénéité de la production racinaire.

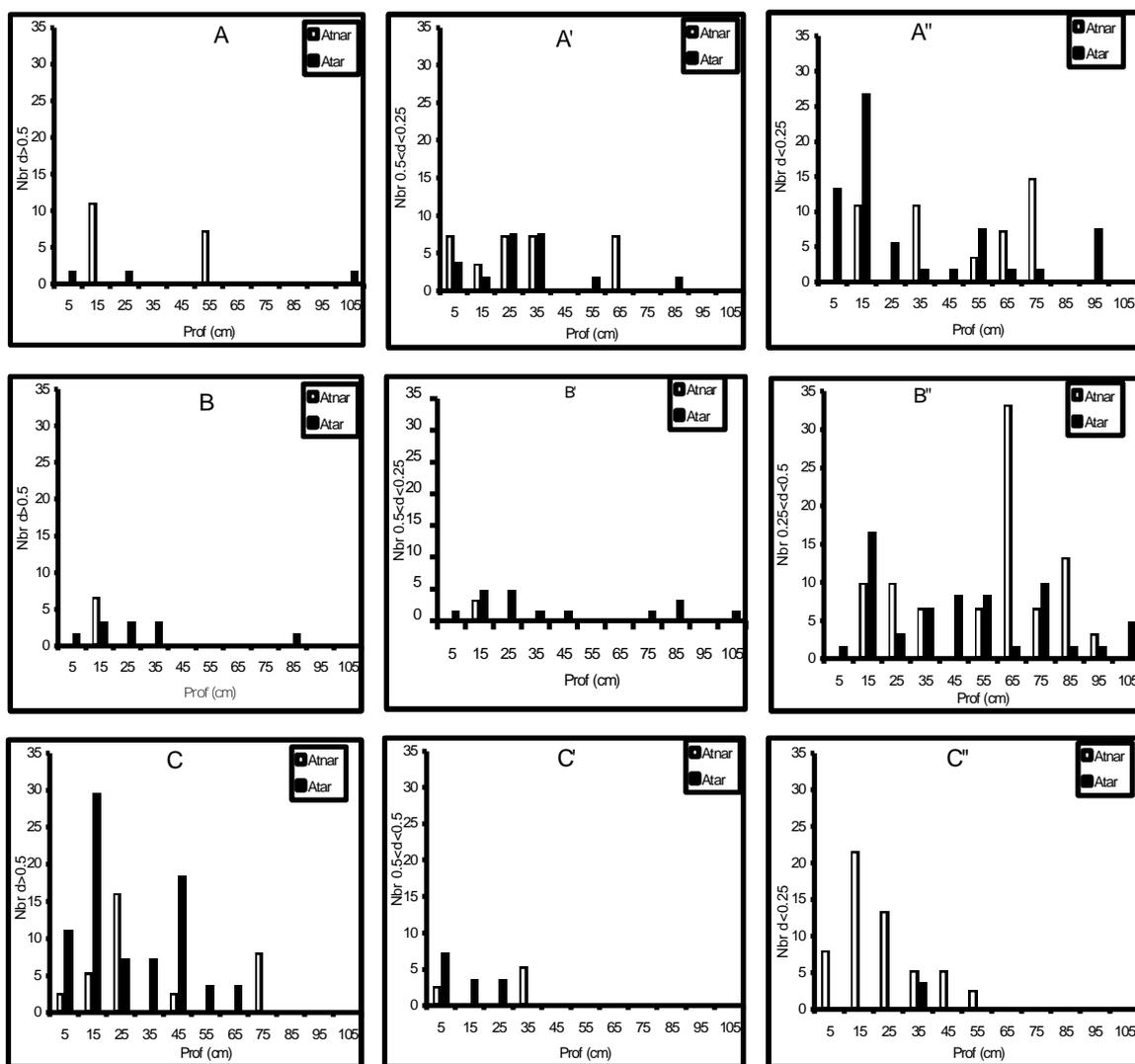


Figure 6 : Distribution verticale de racines par classe de diamètre

Chez le pied non arrosé, les 3 classes de racines latérales colonisent simultanément l'horizon 10-20 cm (10 et 14 mois) et l'horizon 0-10cm (17 mois). Ces racines chez le pied arrosé, s'observent entre 0-10 et 20-30cm et même 30-40 cm (17 mois). En saison sèche 2001, le système racinaire renferme dans les 3 horizons de la tranche de sol 0-30 cm que des racines à gros diamètre moyen.

Tableau III : Variation des valeurs des phytomasses produites et du rapport P.S./P.A. d'*Acacia tortilis*. (P.S. = poids de la partie souterraine (g) ; P.A. = poids de la partie aérienne (g) ; P.S./P.A. = rapport partie souterraine sur partie aérienne ; At_{ar} = *Acacia tortilis* arrosé ; At_{nar} = *Acacia tortilis* non arrosé).

Ages		10 mois			14 mois			17 mois		
Espèces		R	S	R/S	R	S	R/S	R	S	R/S
<i>Acacia</i>	At_{ar}	10,8	14,4	0,74	22,19	31,3	0,70	19,51	25,39	0,76
	At_{nar}	4,46	2,98	1,49	5,98	3,71	1,61	29,14	16,75	1,73

4.3- Distribution de longueurs cumulées

Les longueurs cumulées des racines (Fig. 7) sont de 185, 437 et 1236 cm pour les pieds non arrosés et de 475, 1321 et 1100 cm pour les pieds arrosés à 10, 14 et 17 mois et pour les trois dates d'observation respectivement. Ces résultats montrent l'effet favorable de l'apport d'eau. Les racines se distribuent préférentiellement en zone superficielle, atteignent 118, 356 et 431 contre 63, 6 et 61 cm dans les couches profondes. La zone superficielle concentre 65 et 35% des racines des plants non arrosés. Cette répartition traduit deux zones préférentielles d'enracinement : une zone superficielle (0-45 cm) et une zone profonde (45-110 cm). Sur les plants arrosés, la répartition des longueurs cumulées des racines paraît homogène le long du pivot avec 123, 324 et 382 cm respectivement pour les trois observations. La comparaison des longueurs cumulées avec les plants non arrosés suggère un enracinement homogène chez le pied arrosé.

4.4- Phytomasse

Les masses aérienne et souterraine produites au cours des trois dates sont présentées dans le tableau III.

Les masses totales des jeunes plants arrosés sont de 25, 53 et 45 g contre 7, 10 et 46 g pour les plants non arrosés respectivement aux âges 10, 14 et 17 mois. Les masses racinaires des pieds non arrosés sont de 60, 62 et 36%. Elles sont élevées que celles des plants arrosés à 10 et 14 mois. A 17 mois celles ci ne représentent que 36% contre 43% chez le pied arrosé.

Le rapport PS/PA varie de 1,49 à 1,73 chez le pied non arrosé et pour 0,70 à 0,76 chez le pied arrosé. Le rapport est toujours supérieur à l'unité chez le pied non arrosé. Par ailleurs les valeurs les plus faibles sont observées à la fin de la première saison sèche (10 mois) et à la fin de la première saison des pluies (14 mois) chez le pied arrosé.

5- Discussion

L'étude aborde la survie et la morphologie racinaire de jeunes plants sahéliens *Acacia tortilis* âgés de 10, 14 et 17 mois au Ferlo (Nord- Sénégal).

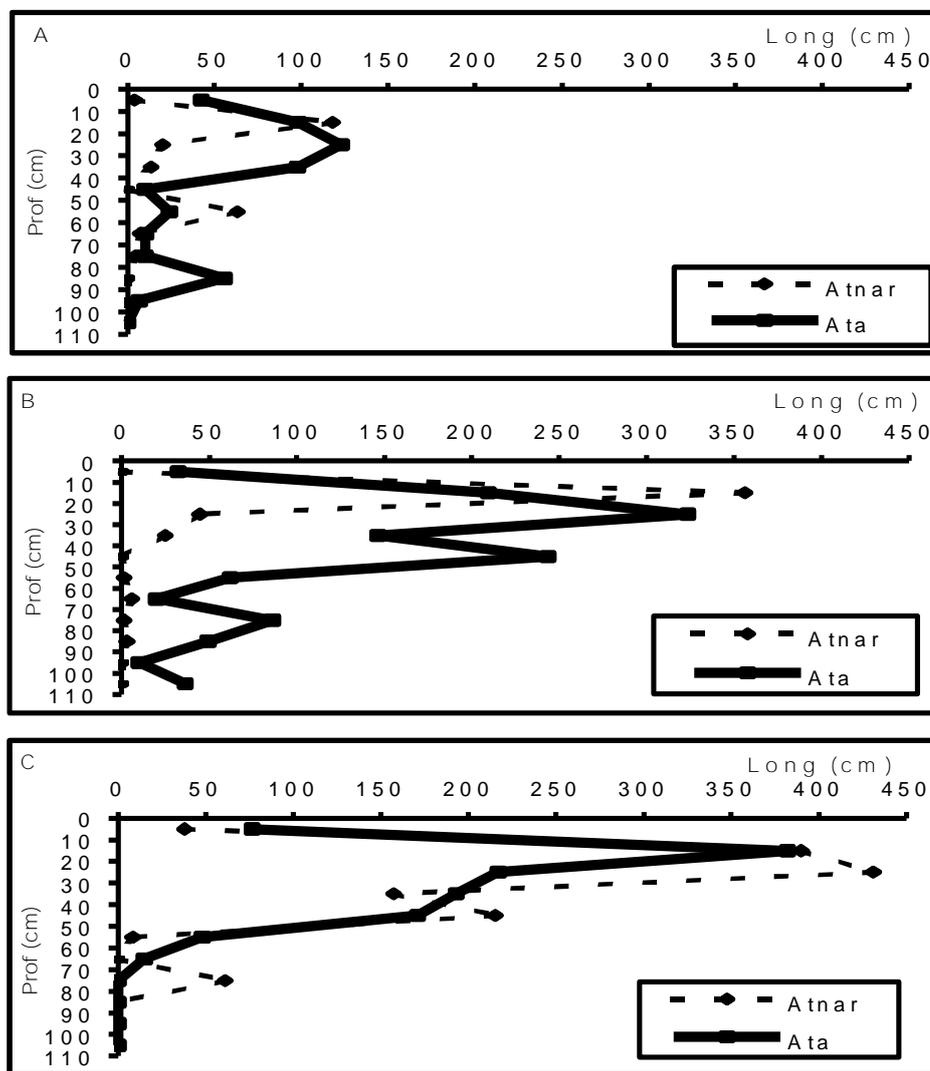


Figure 7 : Distribution de longueurs cumulées des racines de pieds de *Acacia tortillis* arrosé (At_{ar}) et non arrosé (At_{nar}).

Ø L'eau et la survie des jeunes plants

Le taux de survie des jeunes plants est élevé durant la première année (octobre à juin) ; il indique ainsi que l'espèce résiste bien aux conditions du milieu. Durant la seconde saison des pluies, le taux de survie diminue. Cette forte disparition de jeunes plants en période humide pourrait être la résultante des manifestations de dégradation des racines issues de la fin de la saison sèche. Ces manifestations s'expliquent soit par le dessèchement des tissus primaires et secondaires des racines durant la saison sèche et après la saison pluvieuse on n'assiste pas à un redémarrage de l'activité des méristèmes racinaires ; soit par la section des racines par les termites en profondeur ce qui se traduit par l'arrêt de la progression des méristèmes racinaires et la pourriture éventuelle du système racinaire.

Ø Les types de racines

Le système racinaire de l'espèce est caractérisé par un pivot, des racines latérales de dimensions variables permettant de définir une unité structurale.

- Le pivot ou racine d'ordre 1 constitue un organe dynamique. Sa localisation, sa direction verticale, son état orthotrope et sa pérennité lui confèrent un rôle essentiel d'ancrage et d'exploration des horizons profonds du sol.

Les racines latérales d'ordre 2 constituent des racines à direction principalement horizontale. Elles possèdent une très large extension latérale. La direction horizontale et l'état plagiotrope de ces racines permettent de définir leur spécialisation par rapport au pivot. De même leur localisation et leur extension permettent de définir leur fonction essentielle dans l'édification du système et dans l'exploitation maximale du milieu. Elles se retrouvent dans les différents horizons du sol.

- Les racines latérales d'ordre 3 sont portées par les racines latérales d'ordre 2 et en très faible proportion. Elles contribuent également dans l'exploration du milieu et dans l'édification du système racinaire.

Cette double stratégie d'occupation du milieu permet à *Acacia tortilis* d'exploiter à la fois les horizons superficiels et profonds. Ces résultats ont été décrits sur des individus adultes (Bille, [7] ; Ganaba, [18]). Le pivot de cette espèce n'est pas toujours vertical. Il présente parfois de courbure et prend alors une trajectoire différente. Ce changement de direction peut être relié à la rencontre d'obstacles qui modifient le cheminement du pivot. On peut citer dans ce cadre les propriétés physiques du sol (Otoul, [30] ; Favre, [13]) ou des concrétions denses (Compagnon, [9]). Le développement de pivots surnuméraires observé chez des jeunes plants devrait assurer une meilleure alimentation en eau (Bationo *et al.* [4]).

Ø L'accroissement racinaire

Les paramètres de croissance racinaire (diamètres : basal et à l'apex ; longueurs) indiquent des différences en fonction de l'âge. Entre les jeunes plants d'*Acacia* arrosés et non, les valeurs observées pour ces paramètres de croissance sont plus élevées au niveau des plants arrosés. L'apport d'eau par arrosage entraîne la formation de nouvelles racines en surface et un meilleur développement de celles qui étaient là. Il permet également la formation des racines latérales à faible profondeur. Weaver [40] montre que les racines du maïs sur parcelles irriguées sont proches de la surface du sol alors que dans les parcelles non irriguées les racines pénètrent plus en profondeur. L'augmentation des racines se fait en surface en relation avec le front d'humectation qui descend jusqu'à une profondeur de 80 cm et en profondeur chez le pivot. Cet enracinement profond constitue selon Reader *et al.* [31] une réponse à la sécheresse.

En conditions naturelles, et en absence d'arrosage, l'eau du sol n'est pas disponible pour les racines en surface mais en profondeur. L'émission de nouvelles racines latérales en surface est peu importante. Par contre, les premières racines latérales développées en surface présentent une extension latérale beaucoup plus importante. Ces observations confirment les résultats de Sharma *et al.* [35] et ceux de Osonubi *et al.* [29] qui indiquent que le déficit hydrique au niveau du sol augmente l'extension latérale des racines. Une forte pénétration en profondeur du pivot indique aussi une recherche d'eau et des éléments minéraux. Ces résultats observés chez *Acacia* sont en parfait accord avec ceux de Couplant *et al.* [10] qui montrent en effet que la croissance en profondeur des racines augmente lorsque l'humidité décroît. Ils corroborent également ceux de Sharp *et al.* [36] ; Batcho *et al.* [3] ; Hartung *et al.* [21] qui montrent qu'une réduction de l'humidité édaphique stimule la croissance racinaire.

En saison pluvieuse 2000, l'augmentation des valeurs des paramètres de croissance racinaire révèle que la réhydratation du sol stimule effectivement la croissance et la prolifération des racines.

En saison sèche 2001, il y a eu diminution de l'humidité du sol, suivie d'une réduction de la prolifération des racines, mais augmente les valeurs du diamètre et de la longueur de celles-ci (pour rechercher certainement de l'eau).

Les valeurs des accroissements racinaires observés entre juin (2000) et octobre (2000) de la longueur du pivot sont semblables chez les deux espèces. Elles indiquent que les types de plants développent la même stratégie en ce qui concerne la croissance en longueur du pivot. Cette stratégie diffère au niveau des diamètres (collet ; apex) du pivot où les valeurs les plus importantes sont notées chez les plants arrosés. La différence obtenue entre les valeurs pourrait s'expliquer par le fait que durant la saison pluvieuse, la présence de l'eau favorise la croissance radiale du pivot. Cette croissance radiale est plus importante chez l'individu arrosé. Par contre, les valeurs élevées des accroissements racinaires du pivot notées chez *Acacia tortilis* traduisent la nécessité de rechercher l'eau plus loin en profondeur.

Les valeurs négatives obtenues par endroit pour certains paramètres (longueur des racines à moyen et fin diamètre) montrent qu'en période sèche, lorsque l'humidité décroît on assiste à une augmentation des longueurs racinaires qui n'atteint pas les racines latérales à moyen et fin diamètre. La technique utilisée en effet ne permet pas de suivre le même individu pendant toute la période de l'étude.

Ø Surfaces de contact des racines

Les surfaces de contact des racines avec le sol augmentent avec l'âge du pied. La contribution des racines à gros diamètre est plus importante chez les plants arrosés que celles des autres groupes de racines.

Chez les pieds non arrosés la répartition des racines se fait de façon hétérogène ; il existerait deux zones préférentielles d'enracinement : une partie des racines se développe en surface (0-45 cm) et l'autre en profondeur (45-110cm). Cette stratégie de distribution des racines serait une forme d'adaptation aux conditions du milieu.

Chez le pied arrosé d'*Acacia tortilis*, la répartition des racines est homogène et diminue progressivement avec la profondeur. Ces résultats corroborent les travaux de Kane, [22] qui montrent que chez *Acacia tortilis* la réponse des plants ne consiste pas en une augmentation de la masse au cours d'une contrainte hydrique dans les horizons superficiels, mais en une redistribution de la matière dans les horizons plus profonds.

La zone superficielle est différemment occupée par l'espèce. Les racines latérales se concentrent dans les 20 premiers centimètres du sol. Ce fractionnement du système racinaire pourrait aussi constituer un moyen pour éviter la compétition d'autres espèces établies sur le même site. La zone superficielle est généralement considérée comme potentiellement favorable aux interactions compétitives chez la plupart des systèmes racinaires des plantes des zones semi-arides (Macmahon et al. [25] ; Cadwelle et al. [8]). Dans cette fraction de sol *Acacia tortilis* présente de grosses racines. Cette espèce ne devrait donc pas entrer en compétition avec les cultures ; elles pourraient servir d'essences agroforestières.

En saison pluvieuse, le développement racinaire est élevé chez *Acacia* aussi bien en zone superficielle et en profondeur. Cela s'accompagne d'une augmentation des longueurs en

relation avec une plus grande humidité du sol, qui stimule chez la plante de néoformations racinaires. Les racines sont plus importantes sur pied arrosé que non arrosé.

Le système racinaire est profond et permet la survie en saison sèche des jeunes plants quand les couches superficielles du sol sont déshydratées. L'observation de ces systèmes bimorphiques (Fournier, [16]) serait liée soit à la nécessité d'une alimentation suffisante en nutriments qui sont en plus grande quantité dans les strates superficielles du sol (Gerarkis, et al., [19]; Bernard et al. [6]), soit à une alimentation hydrique en saison sèche, l'eau disponible étant située en profondeur. Un comportement similaire avait été déjà signalé dans les 50 premiers centimètres (De Vries et al. [11]; Kane, [22]) et dans les 30 premiers centimètres (Grégory et al. [20]; Fabiao, et al. [12]).

Un autre groupe de résultats indique qu'un jeune pied d'*Acacia* possède des longueurs racinaires totales cumulées plus importantes quel que soit l'âge. Cette différence induite par l'espèce indiquerait probablement que le jeune plant d'*Acacia tortilis* coloniserait un espace plus important, donc présenterait des besoins en eau plus importants. Les longueurs racinaires importantes observées chez *Acacia* peuvent être une stratégie pour répondre aux exigences en eau du jeune plant en saison sèche. La quantité d'eau extraite est en rapport avec la longueur des racines par unité de volume de sol dans lequel l'eau est disponible (Russell, [35]). Elle dépend de la profondeur de pénétration des racines, de leur répartition géométrique et du degré d'humidité du sol (Gardner, [17]; Milthrope, [28]; Vartanian, [39]). En saison sèche, il y a une faible croissance des racines latérales. En saison pluvieuse 2000, on a assisté à une croissance rapide des racines. Celle-ci est effective et atteint les autres horizons de la zone superficielle en saison sèche 2001, où le front d'humectation est progressif et l'assèchement des horizons superficiels du sol. Ces observations montrent que la croissance des racines formées, lorsque l'eau est disponible dans le sol, s'opère avec un certain retard. Ce retard avait été signalé chez *Acacia* par Fournier, [16] dans l'apparition des racines actives pour l'absorption et par Rutherford, [34] dans les savanes d'Afrique du Sud.

Les masses racinaires sont plus élevées que celles des parties aériennes. Cela suggère des conditions d'existence difficiles pour ces jeunes plants (Akpo, [2]) et aussi le rapport P.S./P.A. est supérieur à 1 chez les jeunes plants. Ce rapport est considéré comme étant le résultat d'une relation dans laquelle le manque d'eau et d'éléments minéraux limite la croissance de la partie aérienne (Kramer, [24]). Ces observations s'apparentent à celles de Fischer et al. [14] chez les Chaméphytes adultes des régions arides et qui traduisent des conditions hydriques difficiles (Rundel et al. [32]). L'espèce *Acacia tortilis* serait aussi plus exigeante en eau et par conséquent est une sclérophyte arido active.

Références bibliographiques

- [1] Akpo L. E. Influence du couvert ligneux sur la structure et le fonctionnement de la strate herbacée en milieu sahélien. ORSTOM, Paris, *TDM*, 93F. 1993, 174 p.
- [2] Akpo L. E. Production d'une phytomasse sahélienne : Phytomasse hypogée sous et hors couvert ligneux. *Vie et milieu*. 1996, 46, 1, 87-92.
- [3] Batcho E., Daouda O.S., Do F., Annerose D.J., Fofana A., Laffray D., Lougeut P. Etude de la croissance racinaire de 6 cultivars de mil (*Pennisetum americanum*) *Rev. Res. Amélior. Prod. Agr. milieu aride*. 1990, (2), 51-65.

- [4] Bationo B. A., Ouedraogo S. J., Alexandre D. Y., Guinko S. Statut hydrique de quatre espèces ligneuses soudaniennes dans la forêt de Nazinon, Burkina Faso. *Sécheresse*. 2001, 12 (2): 87-94.
- [5] Belgrand M., Dreyer E., Joannes H., Velter C., et Scuiller I. A semi- automated data processing system for root growth analysis : Application to a growing oak seedling. *Tree Physiology*. 1987, 3, 393-404.
- [6] Bernard- Reversat F. Biogeochemical cycle of nitrogen in a semi- arid Savanna oikos. 1982, 38. 321-332.
- [7] Bille J.C. Etude de la production primaire nette d'un écosystème sahélien. *Travaux et Documents ORSTOM Ed, Paris*. 1977, 82. p.
- [8] Cadwelle M. M., and Richards J. H. . Competing roots systems : morphology and models of absorption In : Givnish TJ (Ed); on the economy of plant form and function. Cambridge University, Press, Cambridge, England. 1986, 251-273.
- [9] Compagnon P. Le caoutchouc naturel. Biologie-Culture-Production. G.P Maisonneuve et Larose Ed., Paris, 1982, 595 p.
- [10] Coupland R.T., Johnson R.E. Rooting characteristics of native grasslands species in Saskatchewan. *J. Exp. Bot.* 1965, 170 : 1441-1450.
- [11] De Vries J. D., Bennet J. M., Albrecht S. L., and Boot K. J. Water relations, nitrogenase activity and root development of tree grain legumes in response to soil water deficits ; *Fields Crops Research*. 1989, 21 : 215-226.
- [12] Fabiao A., Madeira M. Steen E. Effet of water and nutriment Supply on root distribution in and *Eucalyptus globulus* plantation. *Water, Air and soil pollution*. 1990/1991, 54 : 635-640.
- [13] Favre J.M. Modification expérimentale de l'architecture racinaire d'Hévéa braziliensis. *Phytomorphology*. 1985, 35 (1,2), 35-46.
- [14] Fischer R. A., Turner N. C.. Plant productivity in the arid and semi arid zone. *Ann.Rev. plant. Physiol.* 1978, 29 : 277-317.
- [15] Fitter A. H. Influence of soil heterogeneity on the coexistence of grassland species. *J. Ecol* 7 : 139-148. *Research*. 1982, 5. 241-252.
- [16] Fournier C. Fonctionnement hydrique de six espèces ligneuses coexistant dans une savane sahélienne (région du Ferlo, Nord Sénégal). *TDM, ORSTOM Ed., Paris*. 1995, 165p.
- [17] Gardner W. R.. Les relations entre le sol et l'eau dans les climats arides et semi arides. *Compte rendu de recherches*. UNESCO. 1961, 41-61.

- [18] Ganaba S. Rôles des structures racinaires dans la dynamique du peuplement ligneux de la région de la Mare d'Oursi entre 1980 et 1994. Thèse de doctorat 3^e cycle, Univ. de Ouagadougou. 1994, 140p.
- [19] Gerarkis P. A., Tsangarakis C. Z. The influence of *Acacia senegal* on fertility of a sand sheet (goz) soil in the Central Sudan; *Plant and Soil*. 1970, 33, 81-86.
- [20] Gregory P. J., Reddy M. S. Root growth in an intercrop of pearl / mille// groundnut *Fields Crops*. 1982.
- [21] Hartung W., and Heimmeier R. The development of the root system of the winter annual desert plant *Anastatica hierochuntica* L. The significance of soil water content and nutrient supply. *Flora*. 1992, 186 : 117-125
- [22] Kane I. Influence de l'alimentation en eau sur la croissance et le fonctionnement hydrique de jeunes plants d'Acacia; Application à 3 espèces au Sénégal : *Acacia tortilis* (Forsk) Hyane subsp. raddiana (Savi) Brenan; *Acacia senegal* (L) Willd; *Acacia dudgeoni* Craib. Ex Holl. Thèse de 3^e cycle UCAD de Dakar. 1996, 167p.
- [23] Kessler J., Breman H. The potential of agroforestry to increase primary production in the Sahelian and Soudanian zones of West Africa. *Agroforestry System*. 1991, 13 : 41-62.
- [24] Kramer P.J. Water relations of plants *Academis Press*. 1983, 489p.
- [25] MacMahon J. A., Schimph D. J. Water as a factor in the biology of North American desert plants. In : Evan d. D, Thames J. L (eds) Water in desert ecosystems. Dowden, Hutchinson et Ross, Inc., *Stroudsburg (Pennsylvania)*. 1981, 114-171.
- [26] Manning S. J., Bardourr M. G. Root systems, spatial patterns, and competition for soil moisture between two desert sub-shrubs. *Am J. Bot.* 1988, 75 : 885-893.
- [27] Michel P. Les bassins des fleuves Sénégal et Gambie. Etude géomorphologique. Doctorat ès sc., Strasbourg. 1969.
- [28] Miltrope F. L. L'apport et la perdition dans les régions arides et semi- arides. *Compte rendu de recherches*. UNESCO. 1961, 9-40.
- [29] Osonobi O., Davies W.J. Solute accumulation in leaves and roots of woody plants subjected to water stress. *Oecologia*. 1978, 32 : 323-332.
- [30] Otoul E. Le système racinaire de l'hévéa dans des conditions écologiques de Yangambi. *Publications INEAC*. 1960, 92, 9-66.
- [31] Reader R.J., Jalili A. A comparative study of plasticity in Seedling Rooting depth in drying soil. *Journal of Ecology*. 1993, 81 : 543-550.
- [32] Rundel P. W., Nobel P. S. Structure and fonction in desert root system *In plant root growth. An ecological prespective*. Ed : Atkinson A. *Blackwell Scientific publication*. 1991, 478p.
- [33] Russell R.S. - Plants roots systems. McGraw- Hill Ed., Londres. 1977, 298p.

- [34] Rutherford M. C., Growth rates, biomass and distribution of selected woody plant root in *Burkea africana* – *Ochana pulchra savanna* ; *Vegetatio*. 1983, 52, 45-63.
- [35] Sharma R.R., Ghildyal B.P. Soil water- roots relations in wheat extraction of wheat roots developed under dry and moist conditions. *Agronomy Journal*. 1977, 69, 231-233.
- [36] Sharp R.E., Davies W.J. Root growth and water uptake by maize plants in drying soil. *J.Exp. Bot.* 1985, 170 : 1441-1456.
- [37] Sydes C. L., Grime J. P. A comparative study of root development using a simulated rock crevice. *J Ecol.* 1984, 72: 937-946.
- [38] Valenza J., et Diallo K. *Etudes des paturages du Nord Senegal*. Paris: IEMVT; Dakar: LNERV. *Etude agrostologie*. 1972, 4 ; 331. Une carte au 1/200 000 en trois feuilles.
- [39] Vartanian N. Influence des facteurs hydriques de l'environnement sur le système racinaire : aspects morphologiques histologiques et écophysiologicals. Thèse de doctorat Paris-Sud. 1977, 150p.
- [40] Weaver J. Investigations on the root habits of plants *American Journal of botan.* 1925, 12 : 502-509. Semi-aride. G.T.Z. Eschborn, *Schriftenreihe*,. n° 154. 384p.