

Etude comparative de la croissance et du développement du système racinaire de trois espèces de jujubier en Tunisie

Comparative study of the root system growth and development of three Tunisian jujube species

LAAMOURI A¹, AMMARI Y¹, ALBOUCHI A¹, SGHAIER T¹, MGUI S K¹ et AKRIMI N²

Abstract: The *Zizyphus* genus, of world wide spread, turns out to be of a big importance relating to an environmental and socio-economical point of view. The study concerns growth of the root system of three jujube species in Tunisia. The first one is a native species (*Z. lotus*), the two others (*Z. Zizyphus* and *Z. spina-christi*) were introduced a long time ago and are now well acclimatized in the country. Seeds of the three jujubes were sowed in rhizotrons for studying their roots' growth in order to master their breeding mode in the nursery. The results show that the root system development passes through three periods and occurs in waves of growth with varied amplitudes. The first period was marked by a slow growth with weak amplitudes and lasted 12, 15 and 17 weeks for *Z. lotus*, *Z. spina-christi* and *Z. zizyphus*, respectively. The second was characterized by a fast growth marked by a peak which occurs after 8, 10 and 15 weeks for *Z. spina-christi*, *Z. zizyphus* and *Z. lotus*. The third step was characterized by a slow weekly growth with weak amplitudes for the three species. The kinetics of root growth obtained in the study, characterizing adaptation behaviour to dry pedo-climatic conditions, can be very helpful in the choice of the best nursery containers and the determination of the seedlings' time stay which does not have to exceed the second period of the observed growth.

Keywords: *Zizyphus*, rhizotrons, root system development, breeding mode, nursery.

Résumé: Le genre *Zizyphus*, qui occupe une vaste aire de répartition allant du continent asiatique en passant par le bassin méditerranéen jusqu'à atteindre le continent américain, s'avère être d'une grande importance du point de vue environnemental et socio-économique. Le présent travail a porté sur l'étude de la croissance du système racinaire de trois espèces de jujubier en Tunisie. La première (*Z. lotus*) est autochtone ; les deux autres (*Z. zizyphus* et *Z. spina-christi*) ont été introduites depuis fort longtemps et sont bien acclimatées dans le pays (LAAMOURI et BOUET, 1999/2000).

Les graines de ces trois espèces ont été semées dans des rhizotrons afin d'étudier leur croissance racinaire dans l'objectif de maîtriser leur mode d'élevage en pépinière. Les résultats montrent que le développement du système racinaire des trois espèces étudiées comprend trois périodes et se produit en vagues de croissance à amplitudes variables. La première période est marquée par une croissance lente avec de faibles amplitudes et dure 12, 15 et 17 semaines respectivement pour *Z. lotus*, *Z. spina-christi* et *Z. zizyphus*. La deuxième est caractérisée par une croissance rapide marquée par un pic qui se produit après 8, 10 et 15 semaines chez *Z. spina-christi*, *Z. zizyphus* et *Z. lotus*, dans l'ordre. La troisième période est marquée par une croissance hebdomadaire lente avec de faibles amplitudes chez les trois espèces. La cinétique de croissance racinaire adaptée aux conditions pédoclimatiques arides mise en évidence par l'étude peut servir d'outil efficace pour le choix de récipients adéquats en pépinière et pour la fixation de la durée de séjour des plants qui ne doit pas dépasser la deuxième période de croissance observée.

Mots clés: Jujubier, rhizotrons, croissance racinaire, élevage, pépinière.

¹ Institut National de Recherche en Génie Rural Eaux et Forêts, B. P. N°10, - 2080 Ariana, Tunisie.

² Institut National Agronomique de Tunisie, 43, Avenue Charles Nicolle, 1082 - Cité Mahrajène, Tunis.

INTRODUCTION

Les espèces fruitières du genre *Zizyphus*, à grand potentiel de sélection, représentent des exemples extraordinaires de plantes pérennes à usages multiples dans les zones arides et semi-arides voire même désertiques de presque tous les continents grâce à leur capacité de résistance à la sécheresse, l'aire naturelle de la majorité des jujubiers se situant entre 20° et 30° de latitude, zone qui est caractérisée par des climats chauds et secs et où sont localisés la majorité des déserts du globe. Les jujubiers subsistent bien dans les environnements arides grâce à leurs mécanismes physiologique et morphologique d'adaptation (REICH, 1991; ARDNT et al. 2001; CLIFFORD et al. 1998). Ils jouent un rôle très important dans la conservation des sols grâce à leurs systèmes racinaires profonds et vigoureux qui permettent une stabilisation des substrats et protègent ceux-ci contre l'érosion.

Trois espèces de jujubier existent en Tunisie: le jujubier commun [*Zizyphus lotus* (L.) Desf.- photo 1], le jujubier de Palestine [*Zizyphus spina-christi* (L.) Willd - photo 2] et le cicourlier [*Zizyphus zizyphus* (L.) Meikle = ex. *Z. vulgaris* Lamk= ex. *Z. sativa* Gearten= ex. *Z. jujuba* Miller- photo 3]. La première espèce est autochtone, rustique et d'une grande plasticité écologique ; tandis que les deux autres, anciennement introduites, ne se localisent que dans des sites très limités (LAAMOURI, 2005). Bien qu'ils soient à usages multiples et présentent un intérêt écologique indéniable, ces jujubiers sont devenus rares en Tunisie, voire menacés de disparition (LAAMOURI, 2005). L'objet de cette contribution consiste à étudier la croissance racinaire des jeunes semis des trois principales espèces de jujubier tunisiennes dans le but de maîtriser leur production en pépinière et faciliter leur utilisation dans les projets de reboisement à base d'espèces semi-forestières entrepris dans le pays.

MATERIELS ET METHODES

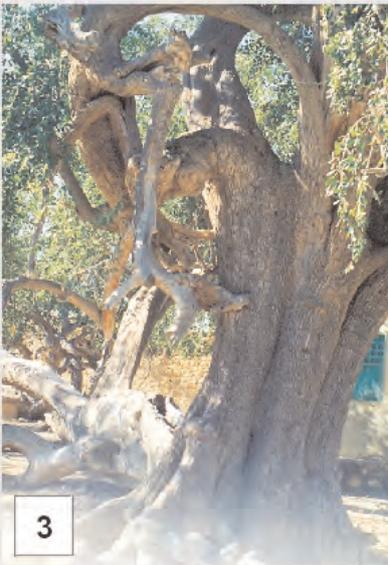
Inspirés des travaux de RIEDACKER (1974), des rhizotrons de forme parallélépipédique (de 50cm x 135cm x 10cm) dont l'un des côtés est constitué par une plaque de verre transparente coulissante, ont été utilisés dans la pépinière pour suivre l'avancée du front racinaire chez les trois espèces de jujubier. Pour éviter l'exposition à la lumière, un film en polyéthylène noir est fixé sur le rhizotron et n'est tiré qu'au moment des mesures. Une couche de gravier de 5cm d'épaisseur est disposée au fond de chaque rhizotron pour faciliter le drainage. Les rhizotrons sont remplis d'un substrat composé d'un mélange de sable et de terreau forestier (1/2 : 1/2) et sont arrosés à la capacité au champ. La hauteur finale du rhizotron est de 120cm. Après semis, les rhizotrons sont inclinés à 30° par rapport à la verticale. Sous l'effet du géotropisme, les racines se plaquent contre la face inférieure à travers laquelle il est possible d'observer la croissance et le développement du système racinaire.

Les graines des trois espèces (*Z. lotus*; *Z. zizyphus* et *Z. spina-christi*) sont semées directement sans aucun prétraitement. Le dispositif expérimental renferme trois répétitions (1 répétition = 1 rhizotron) pour chaque espèce (4 plants par rhizotron). Les paramètres mesurés sont :

-Longueur cumulée des racines : La longueur cumulée des racines est obtenue pour chaque date, par addition de la valeur mesurée aux valeurs enregistrées lors des mesures précédentes.

-Croissance hebdomadaire du pivot : La croissance hebdomadaire (longueur des racines, hauteur des tiges) du pivot est la moyenne d'allongement du pivot pendant sept jours.

-Vitesse du développement du pivot : Elle correspond à l'avancement journalier du front racinaire exprimé en cm/jour.



1. *Zizyphus lotus* en touffe de plusieurs individus
2. *Zizyphus lotus* - état arboré
3. *Zizyphus spina-christi* - un vieil arbre
4. *Zizyphus zizyphus* - jeune plantation

-Nombre des racines secondaires par unité de profondeur et suivant l'âge: Celui-ci est déterminé par comptage des racines enregistrées sur la vitre (CHABA, 1983; BATIONO *et al.* 2001). Le dénombrement des racines secondaires est effectué à partir de trois horizons qui ont été fixés sur les rhizotrons. Ces paramètres ont été mesurés sur les mêmes plants (quatre plants / rhizotron x trois répétitions) tous les sept jours et durant huit mois. La croissance du système racinaire des espèces étudiées a été suivie dans des rhizotrons. L'étude a porté sur le rythme de croissance hebdomadaire des racines principales et les vitesses d'allongement du pivot.

RESULTATS

Longueur de la racine principale

Les valeurs moyennes de la longueur des pivots chez *Z. lotus* sont 7,73; 33,18 et 122,27 cm après 2, 4 et 8 mois du développement; alors que chez *Z. zizyphus* elles sont respectivement 8,75; 36,20 et 110,65 cm. Chez *Z. spina-christi*, les longueurs moyennes sont 5,57; 29,37 et 99,13 cm (figure1). L'analyse statistique montre des différences significatives au seuil de 0,05 sur toute la période de l'expérimentation au sein de la même espèce et entre espèces.

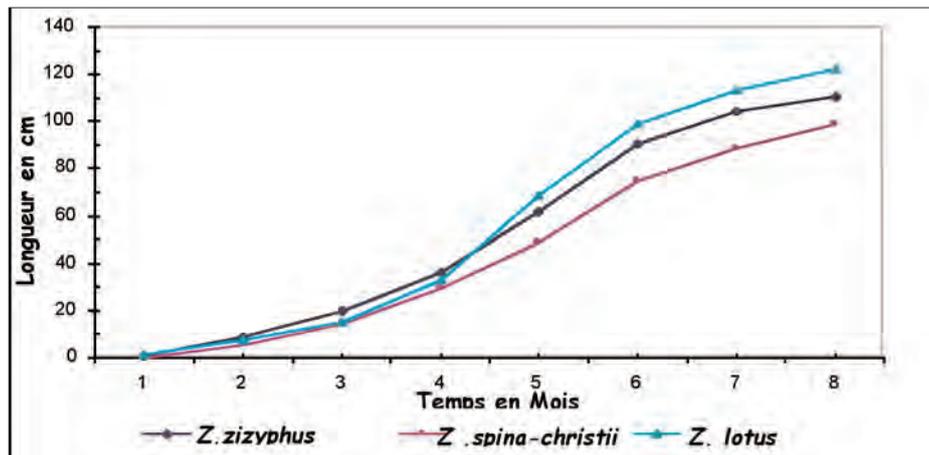


Figure 1: Evolution de la longueur racinaire dans les rhizotrons en fonction du temps (valeur moyenne de huit répétitions).

Rythme de la croissance hebdomadaire du système racinaire

La croissance du pivot est périodique. Elle se produit par des vagues de croissance. Ainsi selon le nombre des vagues et leur importance, nous avons distingué, chez les trois espèces, trois périodes de développement:

- La première période se caractérise par un développement lent et par des vagues de faible amplitude. Elle commence dès la germination jusqu'à la 12^{ème} semaine pour *Z. lotus* et la 15^{ème} semaine pour *Z. zizyphus* avec un allongement des pivots de 1 à 5 cm par semaine. Chez *Z. spina-christi*, elle est de 17 semaines, avec un allongement du pivot de 1 à 3 cm par semaine.

- La deuxième période se caractérise par un développement rapide et par des vagues de forte amplitude. De plus, on a noté chez les trois espèces des pics de croissance. Chez *Z. lotus*, il est de 15 semaines avec un allongement de pivot variant de 5 à 11,5 cm par semaine. Chez *Z. zizyphus*, ce pic est de 10 semaines avec un allongement du pivot qui varie de 5 à 9,2 cm par semaine. Enfin, chez *Z. spina-christi*, il est de 8 semaines avec un accroissement du pivot variant de 5 à 8 cm par semaine.

- La troisième période est caractérisée par une croissance hebdomadaire lente avec des vagues de faible amplitude comme pour la première période (figure 2).

La croissance de la partie racinaire est antagoniste avec la partie aérienne. Cet antagonisme se caractérise par une diminution ou un arrêt de la croissance d'une partie lorsque l'autre est en croissance.

Vitesse de croissance et architecture du système racinaire

Les vitesses de développement du pivot obtenues chez *Z. lotus* sont de 0,13; 0,42 et 1,09 cm/jour après respectivement 2, 4 et 6 mois. Celles de *Z. zizyphus* sont de 0,15; 0,46 et 0,91 cm/jour. Chez *Z. spina-christi*, elles sont de 0,09; 0,40 et 0,76 cm/jour. Les vitesses moyennes de développement du pivot chez *Z. lotus*, *Z. zizyphus* et *Z. spina-christi* sont respectivement 0,51; 0,46 et 0,41 cm/ jour (tableau 1).

Tableau 1: Vitesse (cm/jour) de la croissance racinaire des plants des trois jujubiers élevés dans des rhizotrons.

Période	<i>Ziziphus lotus</i>	<i>Ziziphus zizyphus</i>	<i>Ziziphus spina-christi</i>
2 mois	0,13	0,15	0,09
4 mois	0,42	0,46	0,40
6 mois	1,09	0,91	0,76
8 mois	0,39	0,33	0,40
Vitesse moyenne	0,51	0,46	0,41

Tableau 2 - Nombre de racines secondaires par espèce de jujubier et par horizon.

Espèces	2 mois			4 mois			6 mois			8 mois		
	h1	h2	h3									
<i>Z. lotus</i>	1	0	0	10	1	0	10	30	7	13	33	31
<i>Z. zizyphus</i>	4	0	0	10	2	0	14	14	2	13	20	7
<i>Z. spina-christi</i>	1	0	0	9	0	0	10	14	0	10	19	8

L'analyse statistique montre des différences significatives au seuil de 0,05 sur toute la période de l'expérimentation au sein de la même espèce et entre espèces.

Le nombre de racines secondaires par espèce et par horizon est repris dans le tableau et l'architecture du système racinaire représentée aux figures 3 à 5.

DISCUSSION

Les résultats obtenus montrent bien l'importance du développement racinaire chez les trois jujubiers. La longueur de la racine principale indique un enracinement profond, qui se développe verticalement (orthogéotrope). Il est monoaxial et pivotant (WILSON et al. 1967 ; FUSCIDERE, 1987 ; LE ROUX et al. 1994, MGUIS et al. 2005). Dès la germination, les graines du *Z. lotus*, *Z. zizyphus* et *Z. spina-christi* émettent des enracinements pivotants. Les pivots orthogéotropes se développent rapidement permettant ainsi aux jeunes plants de prospecter les horizons profonds du sol. Cependant, le développement des pivots en longueur présente des différences entre les espèces. Ainsi après 30 semaines de développement on a enregistré chez *Z. lotus* le pivot le plus développé (> 130 cm), alors que à *Z. christi* présentait un stade moins avancé, (99,3 cm), et que la longueur du pivot obtenu chez *Z. zizyphus* était 129 cm. Ces résultats s'accordent avec ceux qui ont été observés chez *Pinus halepensis* (CHABA, 1983;

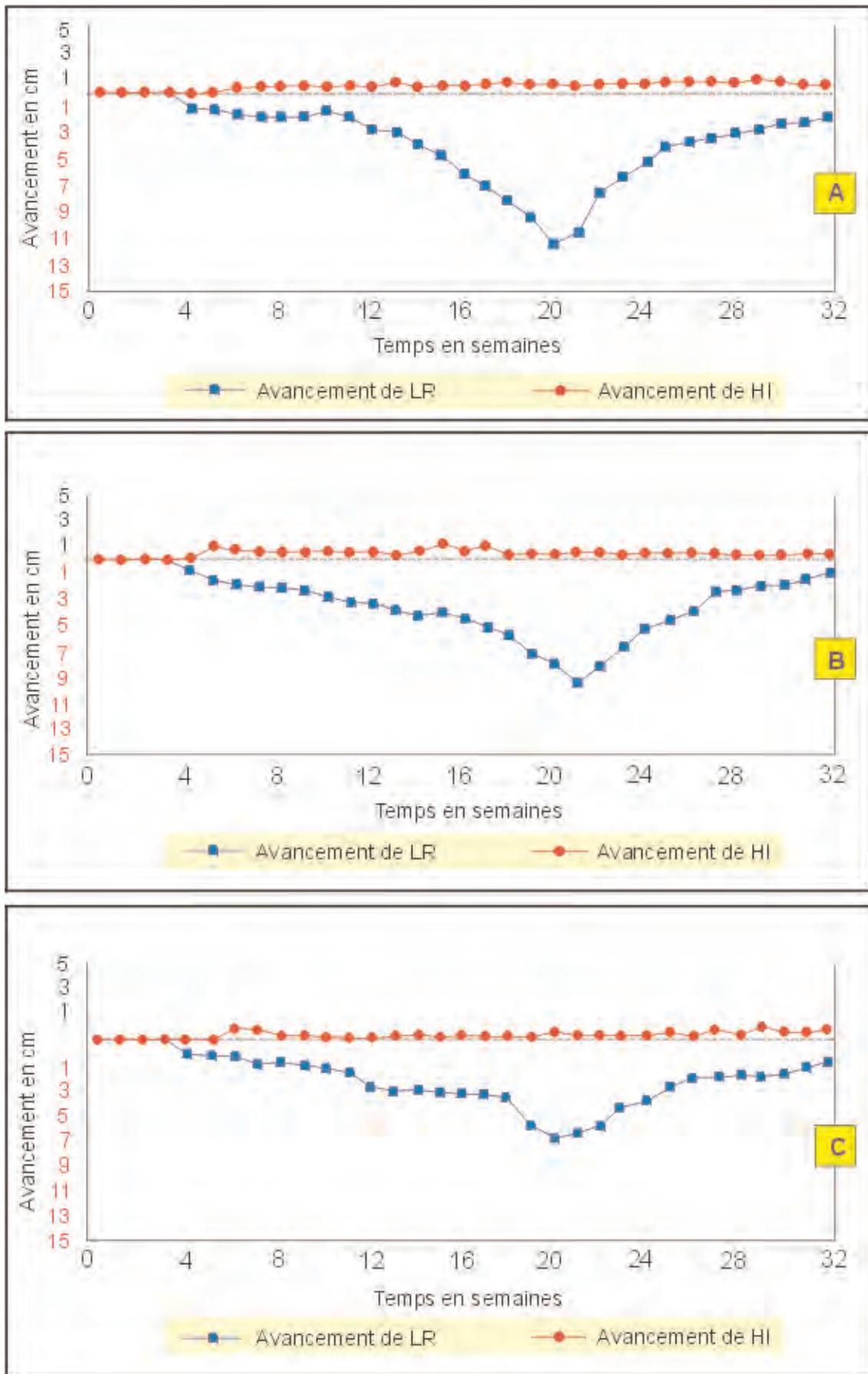


Figure 2 croissance hebdomadaire des parties aérienne et racinaire chez *Zizyphus lotus* [A], *Zizyphus zizyphus* [B] et *Zizyphus spina-christi* [C] en fonction du temps. Moyenne de 8 plants par espèce.

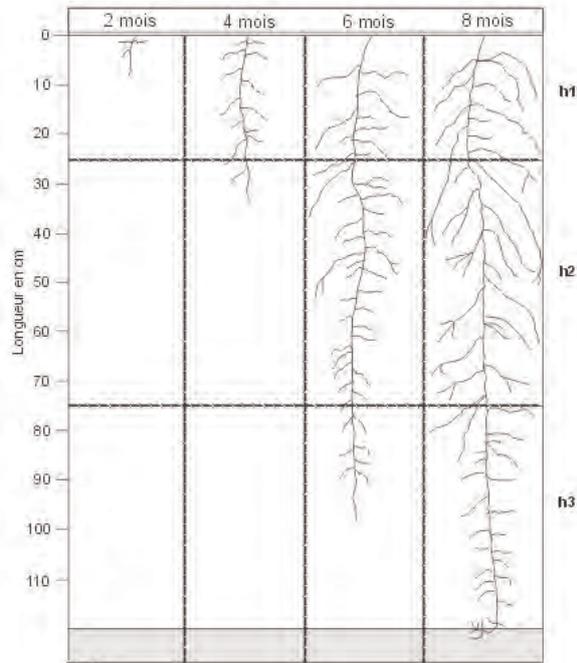


Fig.3

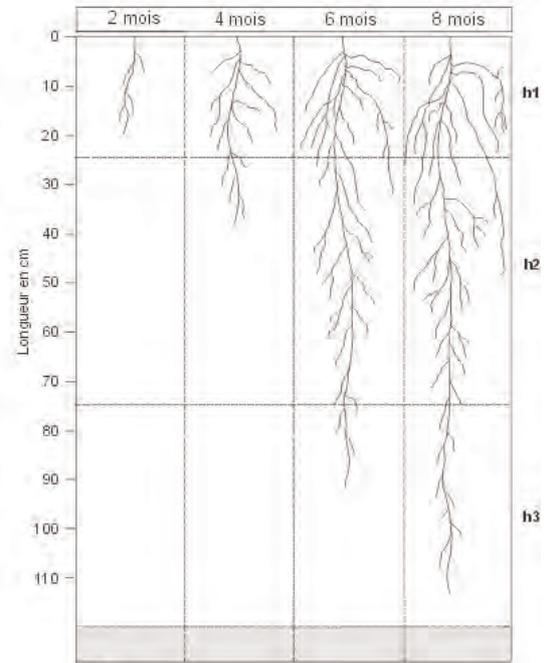


Fig.4

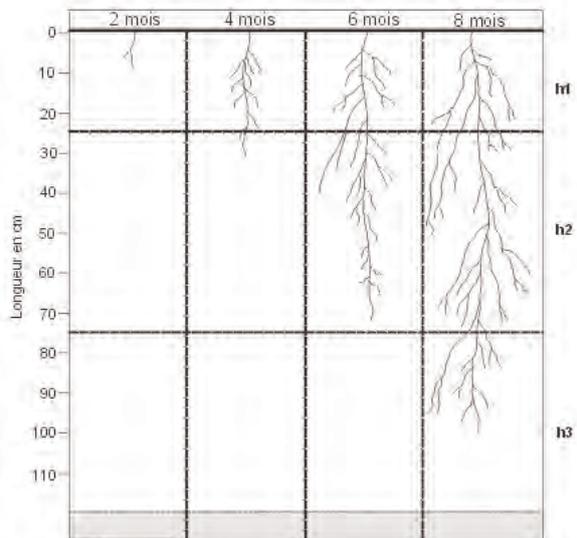


Fig.5

Figure 3: schéma de la morphogénèse du système racinaire de *Zizyphus louis*

Figure 4: schéma de la morphogénèse du système racinaire de *Zizyphus cizyphus*

Figure 5: schéma de la morphogénèse du système racinaire de *Zizyphus spina-christi*

h1, h2, h3 horizons

MGUIS et al. 2005), *Pinus pinaster* (AUBERLINDER, 1982), *Pinus radiata* (SOMERVILLE, 1979 ; *Quercus suber* (NATIVIDADE, 1956 ; RIEDAKER, 1979 ; CLAUDINE, 1995 ; KSONTINI, 1996 ; MGUIS et al. 2005), *Quercus robur* (LUCOT et BRUCKER, 1992), *Ceratonia siliqua* (REJEB, 1992), *Plantanus hybrida* (ATIGER et EDELIN, 1995) dont la différence en longueur est expliquée par une différence de la vitesse de croissance racinaire. Ainsi, les vitesses moyennes obtenues pour les pivots variaient de 0,41 et 0,51 cm/jour respectivement chez *Z. christi* et *Z. lotus*. Mais les vitesses moyennes obtenues chez les trois espèces sont plus faibles que celles trouvées par REJEB (1992) chez cinq provenances différentes de *Ceratonia siliqua*. Par ailleurs, BATIONO et al. (2001) ont constaté chez *Azvelia africana* des vitesses de croissance des pivots variables selon le type de substrat. Ces vitesses sont aussi très faibles comparées à celles trouvées par FUSCIDERE (1987) sur le Maïs.

L'enracinement profond permet de pomper l'eau en profondeur lorsque celle-ci est limitée dans les couches supérieures du sol, influençant l'absorption hydrique et minérale (NIZINSKI et al. 1992 ; GRANIER et al. 2000), perturbant le réapprovisionnement de la rhizosphère et le déroulement des fonctions métaboliques et limitant ainsi la croissance des plants. Le rythme de croissance constitue une base d'organisation temporelle des activités physiologiques et morphologiques de l'espèce. Phénotypiquement, le rythme se manifeste par l'expression vague de croissance (rythme intermittent ou « growth flushes » - REJEB et CRABBE, 1999).

L'étude du fonctionnement rythmique des végétaux ligneux revêt une importance capitale car ce phénomène conditionne plusieurs aspects de la croissance et du développement telles que la pérennité et l'adaptation des espèces. La croissance hebdomadaire du système racinaire d'un plant des espèces étudiées (pendant la période de l'expérimentation) fait apparaître trois phases importantes :

- Une phase hivernale : elle s'étale jusqu'à mi-mars pour *Z. lotus*, fin-mars pour *Z. zizyphus* et fin-mai pour *Z. christi*. Durant cette période, la croissance aussi bien des racines que de la partie aérienne est faible à cause de la diminution de la circulation de la sève brute.
- Une phase printanière : elle s'étale jusqu'à fin juin et est caractérisé par une forte croissance racinaire. La croissance hebdomadaire du pivot atteint son maximum avec des pics de croissance allant de 12 cm chez *Z. lotus* jusqu'à 7 cm chez *Z. spina-christi*.
- Une phase estivale: chez les trois espèces, entre juillet et août, nous remarquons une baisse de croissance des pivots. Cette diminution est probablement liée à une baisse d'humidité.

Des résultats similaires ont été obtenus chez *Pseudostuga menziessi* (LE ROUX, 1994), *Pinus halepensis*, *Ceratonia siliqua*, *Quercus suber* et *Acacia tortilis* (MGUIS, 2005). Cette différence de croissance est due à l'augmentation saisonnière de la translocation des réserves nutritives. Le courant de synthèse provenant des feuilles (source) vers les racines (puits) permet d'expliquer l'amélioration de croissance racinaire chez le Pin blanc âgé de trois ans. La capacité de translocation du saccharose et raffinose à partir des feuilles vers les racines augmente quatre fois entre mi-avril et mi-mai. Durant cette période, la respiration racinaire augmente, limitant ainsi la croissance des feuilles. GORDON et al (1979) ont montré que chez le Pin rouge âgé de 5 ans, la translocation était importante au moment de l'expression de nouvelles feuilles. La coiffe du pivot détermine sa direction de croissance ; ce dernier paraissant aussi avoir une action sur la direction de croissance des racines secondaires (RIEDACKER, 1979 ; ATGER, 1991 ; CREMIERE, 1994). Le développement des pivots en profondeur est accompagné par une ramification en plusieurs racines secondaires qui peut être expliquée par la diminution de l'inhibition apicale. Le nombre des racines secondaires permet de donner une appréciation de l'aptitude de l'espèce à développer un système plus ou moins étendu dont l'importance contribue à l'augmentation du volume du sol exploité et par

conséquent d'obtention d'une quantité plus importante d'eau. La vitesse de production ainsi que le nombre des racines varient selon les espèces ; ainsi, dans le cas qui nous concerne, *Z. lotus* présente le système racinaire le plus dense et la vitesse de production des racines la plus élevée (77 racines). Par contre, *Z. spina-christi* développe le système le moins ramifié, et présente la vitesse de production la plus faible (37 racines après 28 semaines de développement). Ces différences d'enracinement sont influencées par l'état hydrique du sol (PAGES et al. 1997). Il a été observé que l'augmentation des vitesses d'allongement racinaire et la production des racines latérales sont des caractéristiques physiologiques des espèces. La distribution verticale des racines secondaires des trois espèces étudiées ici est très variable tout en restant uniforme sur toute la longueur des pivots. La morphologie du système racinaire peut varier aussi d'une espèce à une autre et selon le type de contenueurs (BEL ARBI, 1990 ; ATGER, 1991 ; LUCOT et BRUCKERT, 1992 ; DANJAN, 1999 ; COUTTS et al. 1999). Le nombre de racines des jeunes plants continue à augmenter en fonction du temps, et son développement est plagéotropique (FUSCIDERE, 1987 ; PAGES et al. 1997). Les racines latérales sont disposées symétriquement par rapport aux pivots (COUTTS et al. 1998). La ramification racinaire qui dépend de l'âge produit une distinction claire de morphologie des plants de la même espèce (BERBEN, 1968 ; RUARK et al. 1982 ; COUTTS, 1983 ; NICHOLE et ALM, 1983 ; REYNOLDS, 1987 ; MGUIIS et al. 2005). Les morphologies des plants âgés des sept mois présentent un système racinaire possédant deux parties principales :

- Un système de surface de 0 à 25cm de profondeur (h^1) appelé aussi «de racines structurales » prospectant latéralement le sol d'une manière extensive (BERBEN, 1968 ; RUARK et al. 1982). Le rôle de ces racines est d'accroître la stabilité de l'arbre, mais aussi le volume de sol prospecté et la masse disponible des éléments nutritifs (REYNOLDS, 1987).
- Un système profond qui porte des racines latérales actives. Il prospecte le sol d'une manière intensive (PRITCHETT, 1979). Ce système se subdivise en deux parties :
 - 1) Celle qui s'étend entre 25 et 75 cm de profondeur (h^2) ; elle comporte des racines obliques. Son importance contribue à l'augmentation du volume du sol exploité et par conséquent la recherche de quantités plus importantes d'eau et d'éléments nutritifs (KUMMEROW, 1980).
 - 2) Une partie au-delà de 75cm de profondeur (h^3) qui comporte des racines fines prospectant le sol en profondeur. Cette partie est déterminée par une zone glabre : c'est la zone de la coiffe de 10 à 15cm de longueur où les racines secondaires sont absentes.

Le développement des racines en profondeur favorise l'adaptation des espèces au stress environnemental. Le développement de racines d'ordre élevé est assez faible par rapport aux racines secondaires qui sont liées au diamètre de la racine mère (HENDERSON et al., 1983 ; WU et al., 1988). La répartition des racines sur le pivot diffère entre les espèces. Cependant, la production de racines latérales chez les trois espèces augmente dans les deux sens, horizontal et en profondeur. Pour *Z. zizyphus* le maximum d'enracinement se situe au niveau des horizons h^1 et h^2 , alors que pour *Z. spina-christi* il se situe au niveau de l'horizon h^2 . Chez *Z. lotus* la répartition des racines latérales est importante sur toute la longueur du pivot avec un maximum de développement dans h^2 . Ces résultats sont en accord avec ceux qui ont été trouvés chez *Pinus halepensis* (SEIGUE, 1992 ; NABLI, 1989), *Quercus suber* (CLAUDINE, 1995 ; MGUIIS et al. 2005), *Acacia tortilis* et *Ceratonia siliqua* (MGUIIS et al. 2005).

La façon dont se répartit le système racinaire dans le profil du sol est le résultat des caractéristiques des espèces et des facteurs pédologiques. Le nombre de racines secondaires dans les différents horizons peut être un indicateur de l'humidité et des éléments minéraux présents dans chaque horizon. Les différences de morphologie des systèmes racinaires des espèces étudiées sont dues au fait que la croissance racinaire se fait de façon privilégiée chez *Z. lotus*, alors que chez *Z. spina-christi* et *Z. zizyphus* elle serait permise par la relative

indépendance des apex racinaires entre eux. La croissance privilégiée des racines dans les zones humides permet d'améliorer l'exploitation des ressources en eau du sol. Ainsi, dans les zones humides, le pourcentage des racines se trouvant dans l'horizon superficiel régulièrement humecté est important (KLEPPER, 1991) ; c'est le cas pour *Z. zizyphus*. A l'inverse dans les zones sèches (arides), le pourcentage de racines situées dans les horizons profonds s'accroît puisque ces derniers sont plus humides, donc plus propices au développement de racines que les horizons superficiels desséchés : c'est le cas de *Z. lotus*. Globalement, le système racinaire le plus performant par rapport aux réserves hydrominérales du sol apparaît comme étant le système racinaire dense et réparti spatialement de façon homogène (bonne colonisation du milieu), à forte capacité de croissance et développant des mécanismes d'adaptation (morphologiques et physiologiques) lui permettant de mieux s'adapter aux aléas climatiques (PAGES et al. 1997). La mise en place et le fonctionnement du système racinaire vis à vis du besoin en eau, dépend simultanément des facteurs génétiques (type de système racinaire), des conditions physico-chimiques locales à proximité des racines (rôle de l'état hydrique et minéral du milieu vis à vis de la croissance racinaire) et des régulations internes au niveau de la plante entière (allocation des assimilés). C'est l'ensemble de ces facteurs qui doit être pris en compte dans l'analyse des relations entre l'architecture racinaire et l'adaptation à son environnement.

CONCLUSION

Le développement rapide du système racinaire observé aux premiers mois suivant la germination des graines dans des rhizotrons montre, chez trois espèces de jujubier (*Z. lotus*, *Z. zizyphus* et *Z. spina-christi*), une capacité d'occupation du sol en profondeur avant même la formation d'une biomasse aérienne. Ce comportement met en évidence une caractéristique d'adaptation aux conditions arides. La phase finale de développement, où la croissance des racines est ralentie, permet de choisir le moment de transplantation, contribuant ainsi au succès de l'installation sur le terrain dans les milieux secs. L'étude de la croissance du système racinaire chez les trois jujubiers et sa comparaison avec le développement aérien devrait être poursuivie dans les sites d'introduction des jeunes plants

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ARDNT, S.K., CLIFFORD, S.C. & POPP, M. 2001. *Ziziphus*- a multipurpose fruit tree for arid regions. In: sustainable land-use in deserts. Breckle S.W., Veste M. and Wucherer W., Springer. Heidelberg, Stuttgart, New York, 388-399.
- ATGER, C & EDELIN, C., 1995. A case of sympodial branching based on endogenous determinism in root system *Platanus* hybrid Brot. *Acta. Bot. Gollica.*, 142 : 23-30.
- ATGER, C., 1991. L'architecture est-elle influencée par le milieu? In : *Proc. Conf. L'arbre : Biologie et développement*. Montpellier, France, ed. CE, Delin, : 72-84.
- AUBERLINDER, V. 1982. De l'instabilité du pin maritime. *Ann. Rech. Sylvi. Afocel*, Paris : 139-178.
- BATIONO B A., OUEDRAGO S J. & GUINKO S., 2001. Longévité des graines et contraintes à la survie des plantules d'*Azvelia africana* Sm. Burkina Faso. *For. Sci.* 58 :69 - 75.
- BELARBI M., MONNEVEUX P. & GRIGNAC P., 1990. Etude des caractères, d'enracinement et de leur rôle dans l'adaptation au déficit hydrique chez le blé dur (*Triticum durum* Desf) . *Agronomie*, 10: 305 -322.
- BERBEN, J.C., 1968. Problème d'enracinement en sols sableux. *Bull. Soc. R. For. Belg.*, 10 : 377-401.
- CHABA B., 1983. Etude du développement des jeunes plants de Pin d'Alep "*Pinus halepensis* Mill" : Conséquences pratique pour le reboisement en zone semi-aride et aride . These. magistère . Sci . Agr. 115p.
- CLAUDINE, S., 1995. Le chène-liège : histoire d'une plante méditerranéenne, 30p.
- CLIFFORD, S.C., ARNDT, S.K., CORETT, J.E., JOSHI, S., SANKHALA, N. & POPP, M. 1998. The role of solute accumulation, osmotic adjustment and changes in cell wall elasticity in drought tolerance in *Ziziphus mauritiana* Lamk. *Journal of experimental Botany*, 49 (323): 967-977.

- COUTTS, M.P., 1983. Root architecture and tree stability. *Plant and Soil*. 71: 171-188.
- COUTTS M.P., NIELSON C.C.N. & NICOLL B.C., 1998. The development of symmetry rigidity and anchorage in the structural root system of conifers, *Plant and soil*. 217 : 1-15.
- COUTTS M.P. NILSON C.C.N. & NICOLL, B.C. 1999. The development of symmetry rigidity and anchorage in the structural root system of conifers. *Plant and Soil*, 218: 1-15
- CREMIERE, L 1994. Conteneur, quelles conséquences pour le Pin maritime? Information-Forêt *Afocel*. Paris (1) : 69-88
- DANJAN, F., BERT, D., GODIN, C. & TRICBET, P., 1999. Structural root architecture of six-year-old *Pinus pinaster* measured by 3D digesting and analyses with AMAP mod. *Plant and soil*, 217:49-63.
- FUSCIDÈRE, A. 1987. The longevity and activity of the primary roots of maize. *Plant and soil*, 101:257-265.
- GORDON, A. G. 1979. Uso y abastecimiento de semillas forestales en Chile. Doc. de trabajo N° 16, FO : DP/CHI/76/033 . Investigación desarrollo forestal, Santiago de Chile.
- GRANIER A, BRUNO P. & LEMONE, D. 2000. Water balance transpiration and canopy conductance in tow beech stands. *Agri. For. Meteorol.* 100:291-300.
- HANDERSON R., FORD ED., RENSHAW E. & DEANS JD. 1983. Morphology of the structural root system of sitka spruce.1. Analysis and quantitative description, *Forestry*, 56(2) : 121-135.
- KLEPPER, B. 1991. Crop root system response to irrigation. *Irrig Sc.*12: 105-108.
- KSONTINI, M. 1996. Etude écophysiological des réponses à la contrainte hydrique du Chêne liège (*Quercus suber*) dans le Nord-Tunisie : Comparaison avec le Chêne kermès (*Q. coccifera*) et le Chêne zeen (*Q. faginea*). Thèse. Doct. Univ. de Paris.
- KUMMEROW, J. 1980. Adaptation of roots in water stressed native vegetation. *In: Adaptation of plants to water and high temperature stress*, 57-73. Paris XII - Val de Marne. 157p.
- LAAMOURI, A. & BOUET, C. 1999/2000 - Fruits oubliés, Jujubiers méditerranéens : un patrimoine en péril. *Rev. de pomologie vivante*. n° 4, 99 / 00. : 4 - 8.
- LAAMOURI, A. 2005. Description pomologique et essais de germination sexuée de trois espèces de jujubier en Tunisie. *Les Annales de l'INRGREF*, numéro spécial, 2005, 7 : 99-114.
- LE ROUX, Y. 1994. Mise en place de l'architecture racinaire d'*Hervea brasiliensis*. Etude composée de la micro-bouture, thèse de l'Université d'Aix Marseille III. 280 p.
- LUCOT, E & BRUCKERT, S 1992. Organisation du système racinaire des chênes pédonculés (*Quercus rubra*) développé en conditions édaphiques non contraignantes (sol brun lessivé colluvial). *Sci.For.* 49 : 465-469.
- MGUIS K., KSONTINI M. & M.N. REJEB. 2005. Etude du système racinaire de jeunes plants de *Quercus suber* L. (Chêne liège) dans des conditions semi-contrôlées. *Les Annales de l'INRGREF*, numéro spécial, 7 : 139-152.
- NABLI, M A. 1989. Essai de synthèse sur la végétation et la phyto-écologie tunisienne. Eléments de botanique et de phyto-écologie, Flore tunisienne. Fac.Sc.Tn. - Lab.Bot.Appl. 247 p.
- NATIVIDADE, J.V. 1956. Subericulture (édition française de l'ouvrage portugais sur la subericulture). Ecole Nationale des Eaux et Forêts, Nancy France.
- NIZINSKI, J., MORAND, D. & FOURNIER, C. 1992. Le rôle du couvert ligneux sur le bilan hydrique d'une steppe (nord du Sénégal). *Cah.Orstom*, 27/2 :225-236
- NICHOLE, J. & ALM, A.A. 1983. Root development of contains aid nursery -grown and naturally regenerated pine seedling. *Can. J. For.* 13 : 239-245.
- PAGES, L., BRUKER, L., POLERIN, S. & LAFOLIE, F. 1997. Architecture et absorption hydrique. *In* : LE ROUX C, BONBOMM R, CHASSIN P, NEVEU A, POPY F : L'eau dans l'espace rural. *Production Végétale*. INRA, Nancy, 375:63-83.
- PRITCHETT, W.L. 1979. Properties and management of forests soils. John Wiled and Sons, New-York, 491p.
- REICH, L. 1991. Uncommon fruits worthy of attention. Reading. Mass. Addison-Wesley, pp. 139-146.
- REJEB, M.N. 1992. Etude des mécanismes de résistance à la sécheresse du caroubier (*Ceratonia siliqua* L.) en Tunisie. Thèse. Doct. Etat. Univ. Tunis, 199p.
- REJEB H. & GARABBE J. 1999. Etude morphogénétique de la croissance rythmique du pommier (*Malus domestica* Borkh). *Ann. INRGREF* ,3 : 51-62.
- REYNOLDS, E.R.C. 1987. Development of the root crow in some conifers. *Plant and soil*. 87: 397-405.
- RIEDACKER, A. 1979. Etude de la déviation des racines horizontales ou obliques issues de bouture de peuplier qui rencontrent un obstacle : application pour la conception de conteneurs. *An. Sci. For* .351:18p.

- RUARK, G.A., MODER, K.L. & TATTER, T.A. 1982. The influence of soil compaction and aeration on the root growth and vigor of tree- A literature review. *Port. L. Arboric. J.* 6: 251-265.
- SEIGUE, G. 1992 La forêt circuméditerranéenne : problème technique agricole et production méditerranéennes Edit - Maisonneuve et Larose, Paris V, ACCT Paris.
- SOMERVILLE, A. 1979. Root anchorage and root morphology of *Pinus radiata* on a range of ripping treatment. *N. J. For.Sci.*, 9:249-315.
- WILSON, B.F. 1967. Root growth barriers. *Bot.Goz*, V2.
- WU, H., BETTAPURA, D. & BEAL, P.E., 1988. A statistical model of root geometry. *For . Sci* .34 : 980 - 997.

