

Effet de l'irrigation sur la reprise des jeunes plants d'arganier après transplantation au terrain

A. WIFAYA¹, A. MIMOUNI¹, F. MOKRINI¹

(Reçu le 20/04/2018; Accepté le 02/06/2018)

Résumé

Le présent travail de recherche s'inscrit dans le cadre du programme de recherche d'appui au "Projet Arganier". Il est coordonné par l'association Agrotechnologies du Souss-Massa-Draa (Agrotech) en partenariat avec un consortium de chercheurs sur l'arganier. Ce travail a pour objectif de déterminer les doses et fréquences d'irrigation favorables pour une meilleure reprise des plants d'arganier après transplantation sur trois sites appartenant à des zones agro-climatiques différentes; Taksbite sur un plateau à climat océanique, Anzad sur un piémont de montagne à climat continental et Tinzert à géographie et climat montagneuse. Les résultats de ce travail ont montré que la dose de 16 L/plant et la fréquence d'un mois sont recommandées sur le site de Taksbite. Cependant, sur le site d'Anzad, ces résultats ont démontré que la dose de 36 L/plant et les deux fréquences; 1 et 2 mois sont conseillés. De même, la dose de 35 L/plant et la fréquence de 2 mois se sont montrées plus efficaces sur le site de Tinzert. Enfin, cette expérimentation a mis en évidence l'existence d'une grande hétérogénéité au sein de cette population, due principalement à sa grande diversité génétique et son adaptation aux conditions agro-climatiques de chaque site de plantation.

Mots-clés: Arganier, irrigation, régénération.

Effect of irrigation on recovery of young argan plants after transplanting to field

Abstract

This work is part of the research program supporting the "Argan Project". It is coordinated by the Agrotechnologies Association of Souss-Massa-Draa (Agrotech) in partnership with a consortium of researchers on the argan tree. The purpose of this work is to determine the favorable doses and frequencies of irrigation for a better recovery of argan plants after transplantation in three sites belonging to different agro-climatic zones; Taksbite on an ocean climate plateau, Anzad on a mountain foothill with continental climate and Tinzert with a mountain geography and climate. The results of this work showed that the dose of 16 L/plant and the frequency of one month are recommended for the Taksbite site. However, on the Anzad site, results demonstrated that the dose of 36 L/plant and both frequencies, 1 and 2 months, are recommended. Similarly, the dose of 35 L/plant and the frequency of 2 months were more efficient at the Tinzert site. Finally, this experiment revealed the existence of a great heterogeneity within argan population mainly due to its great genetic diversity and its adaptation to the agro-climatic conditions of each plantation site.

Keywords: Argan tree, irrigation, regeneration.

INTRODUCTION

Le programme de recherche d'appui au "Projet Arganier", financé par l'Agence de Développement Social et l'Union Européenne, est mis en œuvre et coordonné par l'association Agrotechnologies du Souss-Massa-Draa (Agrotech). L'Association Agrotech collabore avec un consortium de chercheurs de plusieurs institutions nationales de recherche sur l'arganier: Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Complexe Horticole d'Agadir; Faculté des Sciences-Université Ibn Zohr d'Agadir; Institut National de Recherche Agronomique d'Agadir; la Faculté des Sciences Ben M'Sik de Casablanca-Université Hassan II, Mohammedia et la Faculté de Médecine et de Pharmacie, Université Mohammed V de Rabat.

L'arganier (*Argania spinosa* L.) constitue une importante essence forestière au Maroc. Ses 20 millions d'arbres sont étendus sur une superficie évaluée à 800 000 ha au Sud-Ouest du Maroc. L'arganeraie joue, en plus de son rôle de barrière contre le désert, un rôle socio-économique

majeur. Elle procure annuellement environ 800 000 journées de travail et elle assure au quotidien la subsistance de 3 millions de personnes dont la majorité vit en milieu rural (Charrouf et Guillaume, 2007). Aujourd'hui, la pérennité de cet écosystème est menacée, en raison de la surexploitation domestique, de l'extrême aridité des dernières décennies et surtout du faible taux de régénération naturelle de l'arganier. En effet, la superficie de l'arganeraie diminue d'environ 600 ha par an et la densité moyenne en arbres est passée en un siècle de 100 à 30 arbres par hectare. Afin d'inverser cette tendance, la préservation de cette ressource passe inéluctablement par la régénération et le développement de l'arganier agricole, qui vise la diminution de la pression de l'exploitation de l'arganeraie.

En ce sens, le Plan Maroc Vert place la filière de l'arganier parmi les priorités nationales, à travers l'établissement du Contrat Programme de la filière arganier. Celui-ci prévoit, d'une part, le développement de l'arganier agricole, en assurant la plantation de 5000 ha, à l'horizon 2020, et d'autre part, la restitution de 200 000 ha de l'arganeraie.

¹ Institut National de la Recherche Agronomique (INRA), UR-Production intégrée des cultures, CRRRA-Agadir-Maroc. Correspondance: wifaya@gmail.com

Exigence climatique de l'arganier

L'arganier est un arbre thermophile et xérophile. La plus grande partie de l'arganeraie relève de l'étage infra méditerranéen, variante bioclimatique semi-aride à aride (El Aboudi, 1990). Le secteur semi-aride s'étend le long de la côte atlantique de Safi à Agadir, sur une bande de 60 km de large avec des précipitations allant de 290 à 400 mm et la température moyenne du mois le plus froid est comprise entre 3 et 7 °C.

Le secteur aride constitue les deux tiers de l'aire de l'arganeraie, dans la plaine de Souss et l'Anti-Atlas, avec une température moyenne du mois le plus froid supérieure à 7 °C et des précipitations moyennes annuelles comprises entre 150 et 300 mm (Peltier, 1982). L'arganier est éliminé dans les régions à pluviosité supérieure à 500 mm par la concurrence d'autres espèces ligneuses mieux adaptées et à croissance rapide (Maire, 1935).

Les précipitations occultes ainsi que certains facteurs de compensation ont une importance primordiale pour le développement de l'arganier. En effet, ces descripteurs écologiques peuvent constituer un apport d'eau supplémentaire pour la végétation (rosée, nébulosité, brouillard) et atténuer les phénomènes d'évapotranspiration (Bendâoun, 1994).

L'arganier craint le gel. En effet, il est chassé par les températures de 0°C prolongées et ne tolère des températures négatives que si elles sont de courte durée. En revanche, il supporte remarquablement bien les températures élevées, celles-ci pouvant atteindre 50°C dans la région de Taroudant (Thierry, 1987).

C'est un arbre résistant aux fortes périodes de sécheresse prolongée et aux effets desséchants du vent. Ceci n'est pas lié au fait que cet arbre économise l'eau mais à sa capacité à puiser l'eau à de grandes profondeurs. De plus, pendant ces mêmes périodes de sécheresse, la croissance de certains rameaux est réduite (El Aboudi *et al.*, 1991).

Physiologie de l'arganier

Les études qui traitent la physiologie de l'arganier sont rares et demeurent insuffisantes pour comprendre les mécanismes internes qui contrôlent le développement de l'arbre et qui sont derrière sa plasticité et sa résistance aux divers types de stress. El Aboudi (1990) avait étudié plusieurs paramètres physiologiques relatifs au potentiel de l'eau (conductance stomatique, transpiration, *etc.*) et leur interaction avec le potentiel hydrique du sol, l'éclairement, la température et l'humidité de l'air. Il a remarqué que la résistance stomatique minimale chez l'arganier est voisine de 200 sm^{-1} et que la régulation stomatique est incomplète au cours de la période sèche. La fermeture des stomates n'est observée que lorsque le potentiel hydrique foliaire tombe au-dessous de -3,5 MPa.

La transpiration maximale, pouvant atteindre 0,05 $\text{g cm}^{-2} \text{s}^{-1}$ au début de la saison sèche et 0,03 $\text{g cm}^{-2} \text{s}^{-1}$ au cours de cette saison, est relativement supérieure à celle d'autres arbres méditerranéens. El Aboudi, (1990) a suggéré que l'arganier n'est pas particulièrement économe d'eau bien qu'il est pourvu de mécanismes susceptibles de freiner la transpiration. En se basant sur l'ensemble de ces indices, Peltier *et*

al., (1990) ont parlé d'une éventuelle participation de réservoirs internes dans la régulation du déficit hydrique foliaire pendant la saison sèche. Ils ont suggéré que ces réservoirs sont situés entre le sol et le feuillage de l'arbre mais sans spécifier leur nature et leurs mécanismes de fonctionnement.

Le concept de nutrition de l'arganier a été étudié dans un seul travail actuellement disponible, c'est celui de Nerd *et al.*, (1994), qui ont travaillé sur des arganiers âgés de 7 ans et plantés sous des conditions d'irrigation contrôlées dans deux localités différentes du désert de Negev en Palestine. Ils ont remarqué que les feuilles accumulent plus de sels minéraux que les tiges. La concentration en chlore, en calcium et en magnésium dans ces organes sont plus élevées lorsque l'eau d'irrigation est riche en ces éléments.

La comparaison des potentiels foliaires de base aux potentiels hydrique du sol à différentes profondeurs montre que les racines peuvent exploiter l'eau du sol à des profondeurs de plus en plus grandes au cours de la saison sèche. On peut conclure de ces caractéristiques éco-physiologiques que l'arganier n'est pas réellement adapté à la sécheresse, mais qu'il peut la supporter en ayant la capacité de puiser de l'eau à grande profondeur, que le tronc et les branches représentent probablement des réservoirs d'eau permettant de limiter la chute diurne du potentiel foliaire, et qu'il peut échapper à un stress hydrique intense (comme celui provoqué par le chergui, vent chaud et sec du Sahara), grâce à sa capacité de défoliation (El Aboudi *et al.*, 1991; El Aboudi, 1990).

Le système racinaire de l'arganier est très mal connu, en dépit de son importance pour l'alimentation en eau et en éléments minéraux de l'arbre. On sait que l'arganier possède un système racinaire de type pivotant, pouvant descendre à de grandes profondeurs; des chiffres de l'ordre de 30 mètres ont été avancés, mais on ne dispose pas de données fiables à ce sujet. En outre, l'arbre possède un réseau dense de racines superficielles ayant une bonne capacité de renouvellement, des racines fines apparaissant après chaque épisode pluvieux.

Enfin, ce n'est qu'en 1988 que les observations de Nouaïm et Perrin ont mis en évidence une symbiose racinaire de type endomycorhizienne (Nouaïm *et al.*, 1990). Ces champignons symbiotiques à vésicules et arbuscules jouent très probablement un rôle dans la résistance de l'arbre à la sécheresse et dans sa nutrition minérale.

Effet du stress hydrique sur la croissance de jeunes plants d'arganier

Selon Reda Tazi *et al.*, (2003) la diminution de la croissance de l'appareil végétatif observée chez les jeunes plantules d'arganier peut être expliquée par le fait que le polyéthylène glycol agit par augmentation de la pression osmotique du milieu, ce qui empêche l'absorption de l'eau par le système racinaire et par conséquent entraîne une réduction au niveau de la croissance de l'appareil végétatif.

Des effets similaires ont été remarqués sur la croissance de l'appareil végétatif chez les plantules d'arganier du sud-ouest du Maroc soumises à un stress hydrique en plein champ Harrouni *et al.*, (1995). Les mêmes résultats ont

aussi été obtenus sur la même espèce par Kaâbous (1992) in Harrouni *et al.*, (1995). Selon Thakur et Rai (1982), le déficit en eau entraîne un retard dans la croissance végétale. Il se traduit par une réduction de la hauteur et du diamètre de la tige, un raccourcissement des entre-nœuds et une diminution du nombre de feuilles et de la surface foliaire (Aspinall, 1986).

D'autre part, Harrouni *et al.* (1995) ont montré que la transplantation des jeunes plantules d'arganier de quatre âges différents (1, 2, 4 et 6 mois) réagissent mal vis-à-vis du déficit hydrique, alors que les plantules âgées de 22 mois ont, elles, donné un bon pourcentage de reprise (> 75 %) indépendamment du régime hydrique (Zahri et Harrouni, 1999). Selon Bouzoubaâ et El Mourid (1999), la croissance des jeunes plantules d'arganier soumises au stress hydrique est différente selon les descendances.

La diminution de la croissance de la partie aérienne est accompagnée d'une réduction au niveau de la production des feuilles (Reda Tazi *et al.*, 2003). D'autre part Harrouni *et al.*, (1995) a déduit que la croissance végétative et particulièrement l'expansion des feuilles sont sévèrement inhibées par le stress hydrique, les nouvelles feuilles se développent lentement et la sénescence des anciennes s'accélère. L'effet de la sécheresse s'exprime par un ralentissement progressif puis rapide de la croissance primaire puisque le déficit hydrique réduit la turgescence et par conséquent le pouvoir expansif des feuilles.

D'après Reda Tazi *et al.*, (2003), les concentrations élevées du polyéthylène glycol entraînent une diminution du poids sec des parties aérienne et racinaire. Il semble que la partie aérienne soit plus touchée par l'effet de PEG que la partie racinaire. La diminution de la croissance racinaire peut être expliquée par la subérisation des racines soumises au stress hydrique (Mougou, 1984). En revanche, il est connu que la résistance des végétaux à la sécheresse dépend du degré d'exploitation du sol par le système racinaire.

Pour l'arganier, son système racinaire couvre une surface qui peut atteindre 67 m² (Thierry, 1987). Donc, les plantes adultes réagissent vis-à-vis du stress hydrique par le développement du système racinaire alors que dans notre cas, les jeunes plantules d'arganier tendent à réduire la longueur des racines pour surmonter l'effet du stress hydrique provoqué par le PEG, ce qui explique la reprise élevée des plantules âgées de 22 mois (Zahri et Harrouni, 1999).

Généralement, le taux de régénération reste non satisfaisant pour les nouvelles plantations. En effet, les programmes de recherche sont appelés à explorer toutes les voies possibles pour l'amélioration de la régénération depuis l'élevage des plants jusqu'à la réalisation des plantations au terrain.

Ce travail de recherche s'inscrit dans le cadre du programme de recherche d'appui au projet arganier. Il a pour objectif de déterminer la dose et la fréquence d'irrigation adéquates pour une amélioration du taux de reprise des plants d'arganier au terrain après transplantation.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Sites des expérimentations

Le site Taksbite se situe à 66 km au sud d'Agadir dans la commune de Belfae, préfecture de Massa à une Altitude de 182 m (29° 58 358 N et 009° 29 553 O). Il occupe une superficie de 90 ha. Le sol y est d'une granulométrie sablonneuse et caillouteuse. La pluviométrie moyenne mensuelle n'a pas dépassé 17 mm et le cumul annuelle est environ 174 mm.

Le site d'Anzad se situe au piémont de la montagne sur une superficie de 84 ha à une distance de 60 km d'Agadir, relevant de la commune Imimekourn, préfecture de Massa et situé à 324 m d'altitude (30° 10.307 N et 009° 09.050 O). Le sol est caractérisé par une granulométrie argileuse. La pluviométrie annuelle enregistrée durant cette campagne est inférieur à 68 mm avec une moyenne mensuelle de 7 mm.

Enfin, le site de Tinzert a une superficie de 112 ha. Il se situe à 145 km à l'est d'Agadir dans la commune Tinzert et Cercle Oulad Berhil. Il se positionne à une altitude de 571 m (30° 40.628 N, 008° 20.552 O). Ce site a bénéficié d'un total de pluie de 274 mm avec une moyenne mensuelle de 27 mm.

Expérimentation

Il s'agit d'une expérimentation conduite sur les trois sites Taksbite, Anzad et Tinzert. Elle consiste en l'application de trois régimes hydriques sur la base de la réserve utile du sol estimée pour chaque site et trois fréquences d'irrigation de 15 jours, 1, 2 et 3 mois. Le dispositif expérimental adopté est un dispositif complètement aléatoire avec 3 répétitions. Le nombre de plants par parcelle expérimentale est de 150 plants.

Les paramètres dendrométriques mesurés concernent le nombre de rameaux, la taille de la tige, la longueur entre-nœud, le nombre de feuilles, le diamètre apical et basal de la tige. Ces paramètres ont été mesurés au moyen d'un mètre et d'un pied à coulisse à affichage numérique. Les analyses statistiques ont été effectuées à l'aide du logiciel statistique MINITAB 13.

Les plants d'arganier utilisés sont issus de la multiplication par semis de la graine au niveau de la pépinière des Eaux et Forêts de Tiznit. L'âge à la transplantation varie entre 4 à 6 mois.

Détermination de la réserve utile du sol

Pour la détermination des doses d'irrigation des plants d'arganier, nous avons choisi de travailler avec le paramètre Réserve Utile du sol estimé à partir du triangle de texture (Jamagne et Bétremieux, 1977) ou bien par la combinaison du type d'horizon, la texture et la densité apparente du sol (Bruand *et al.*, 2004).

Après la détermination de la texture du sol dans les trois sites retenus (Taksbite, Anzad et Tinzert), nous avons utilisé les deux méthodes pour l'estimation de la RU (Tableau 1).

Les doses d'irrigation sont fractionnées en régimes d'irrigation par rapport à la réserve utile du sol (50, 75 et 100 % RU) et les fréquences d'irrigation retenues sont; 1, 2

et 3 mois. Le tableau 2 rapporte les doses et fréquences d'irrigation retenues pour les trois sites.

Le protocole expérimental adopté au niveau des trois sites est présenté dans la figure 1.

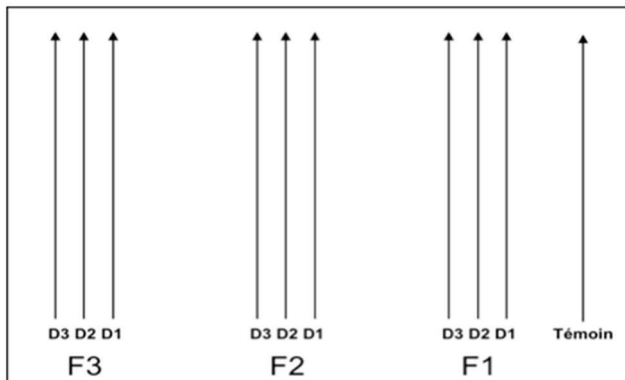


Figure 1: Protocole expérimental des trois sites

RÉSULTATS

Conditions climatiques

Durant les deux campagnes d'expérimentation, les périodes de précipitation se concentrent durant les trois mois de décembre à février avec un cumul de 196,4, 80,8 et 398 mm respectivement pour les sites de Taksbite, Anzad et Tinzert durant la campagne 2009. Dans le même ordre des trois sites, ce cumul pluviométrique a enregistré un taux d'accroissement de 45, 21 et 15 %. Durant la période estivale, les températures maximales dépassent 40°C et la demande climatique est à son pic ($ETP > 8 \text{ mm/j}$) (Tableau 3 et Figure 2).

Situation des plants d'arganier sur la parcelle expérimentale

Le taux de manquants reste très élevé après la transplantation des plants d'arganier même en période humide et

Tableau 1: Estimation de la réserve utile du sol

Site		Sans Da	Avec Da	Sans Da	Avec Da
Taksbite	Sablonneux	0,60	0,60	20,6	20,6
Anzad	Sablo-limoneux	1,31	1,38	44,9	47,3
Tinzert	Sablo-argileux	1,28	1,34	43,9	46,0

Tableau 2: Doses et fréquences d'irrigation retenues

Site	D1 (50 % RU) (l/plant)	D2 (75 % RU) (l/plant)	D3 (100 % RU) (l/plant)	Fréquences F1, F2 et F3 (jours)
Taksbite	11	16	21	15, 30 et 60
Anzad	24	36	47	30, 60 et 90
Tinzert	23	35	46	30, 60 et 90

Tableau 3: Données générales sur les plantations d'arganier

Site	Pluviométrie (mm)		Taux d'accroissement (%)
	Année 2009	Année 2010	
Taksbite	196,4	352,7	45
Anzad	80,8	101,6	21
Tinzert	398,0	467,0	15

Tableau 4: Données générales sur les plantations d'arganier

Site	Date de plantation	Taux de manquants (%)	Date de replantation	Nombre irrigation
Taksbite	23/12/08	77,8	22/07/09	12
Anzad	06/01/09	66,7	-	8
Tinzert	04/09/10	100,0	26/02/10	5

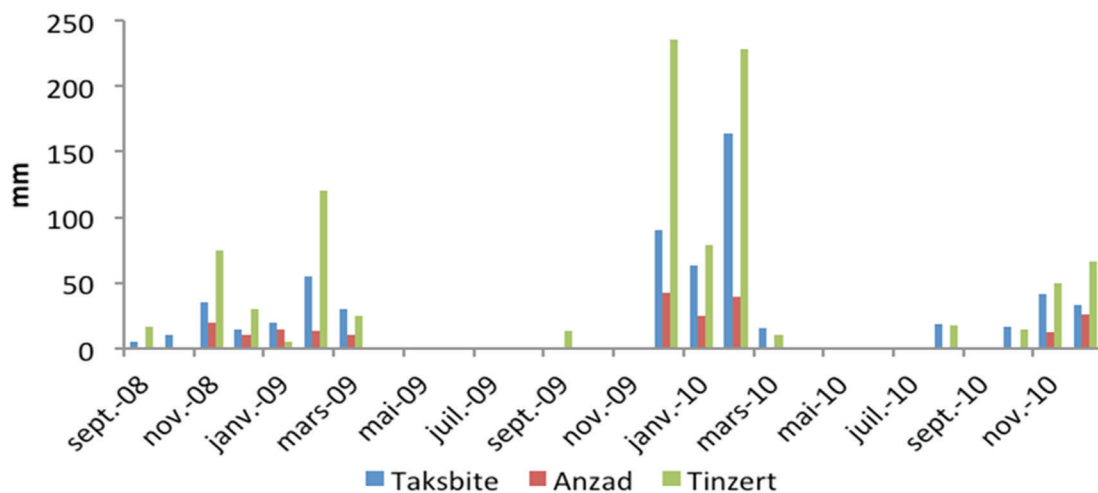


Figure 2: Pluviométrie 2009-2010

la tenue des irrigations. Ce taux a varié de 66,8 jusqu'à 100 % respectivement pour les sites d'Anzad, Taksbite et Tinzert (Tableau 4, Figures 3, 4 et 5).



Photo 1: Transplantation d'un plant d'arganier

Dans ces conditions ont a été obligé de refaire une deuxième transplantation pour les deux sites Taksbite et Tinzert. En effet, durant les deux campagnes 2009 et 2010, le taux de manquants était compris entre 40 et 80 % pour le site Taksbite, entre 50 et 80 % pour Anzad et enfin entre 5 et 50 % sur Tinzert.

Ce taux très élevé de manquants est expliqué en grande partie par la qualité médiocre des plants à la transplantation. Âgés de 4 mois, ils présentent un système racinaire chétif et fragile ce qui les rend vulnérables au choc de transplantation. De plus, leur taille très faible (4 cm) les expose aux attaques des ravageurs, rongeurs et des phénomènes d'ensablement.

Un autre facteur très déterminant, la disponibilité en eau en quantité suffisante et au moment opportun. Pour ce faire, nous avons proposé d'installer des bassins d'eau couverts de plastique d'une capacité de 3000 litres chacun au milieu des aires de plantation et recruter un ouvrier pour chaque bassin et par unité de surface pour assurer les opérations d'irrigation aux moments d'appoint.

Site Taksbite

L'analyse statistique a montré un effet très hautement significatif de la deuxième fréquence d'irrigation (1 mois) sur la longueur entre-nœud des plants d'arganier ($P=0,0001$) $7,28 \pm 0,56$. Cependant, aucune différence significative n'a été révélée pour les autres paramètres sous les différents niveaux de la dose et fréquence d'irrigation. Selon le test de comparaison des moyennes de Tukey avec un intervalle de confiance de 95 %, la deuxième dose d'irrigation (16 l/plant) correspond à la dose idéale pour une bonne performance de la majorité des paramètres mesurés (Tableau 5).

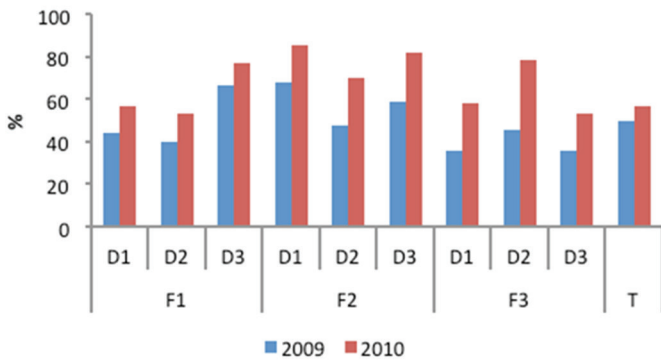


Figure 3: Évolution du taux de manquants - Taksbite

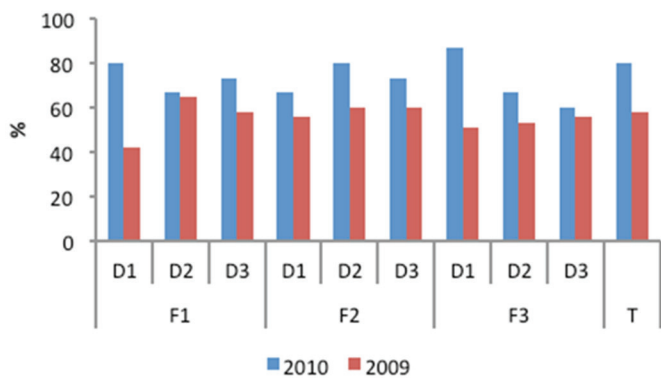


Figure 4: Évolution du taux de manquants - Anzad

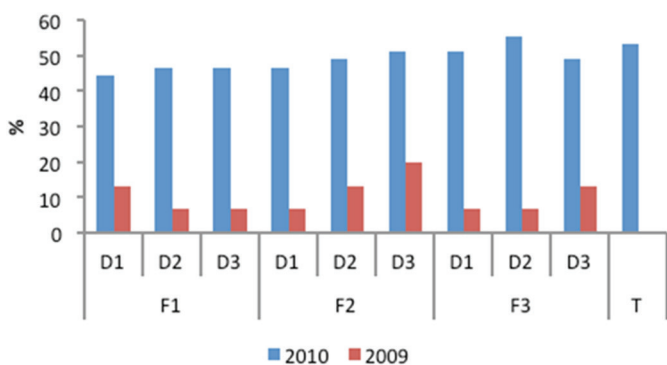


Figure 5: Évolution du taux de manquants - Tinzert

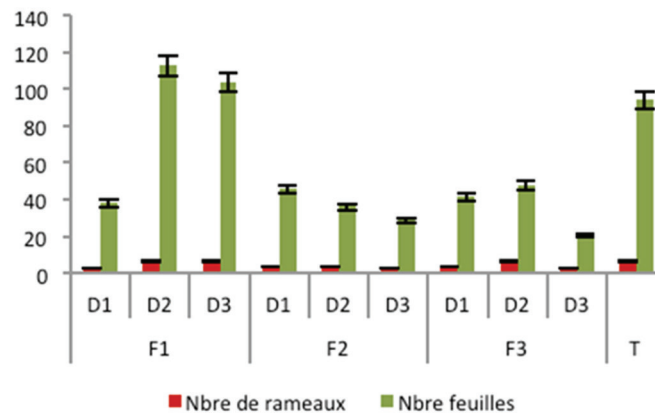


Figure 6a: Nombre de feuilles et de rameaux - Taksbite

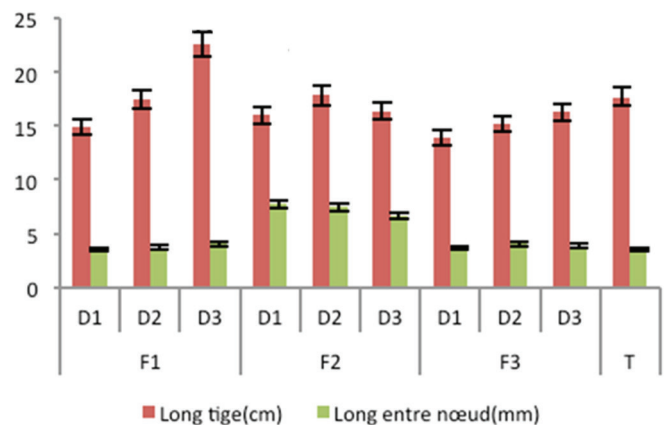


Figure 6b: Longueur de la tige et entre-nœud - Taksbite



Photo 2: Mesure des diamètres apical et basal de la tige à l'aide d'un pied à coulisse digital

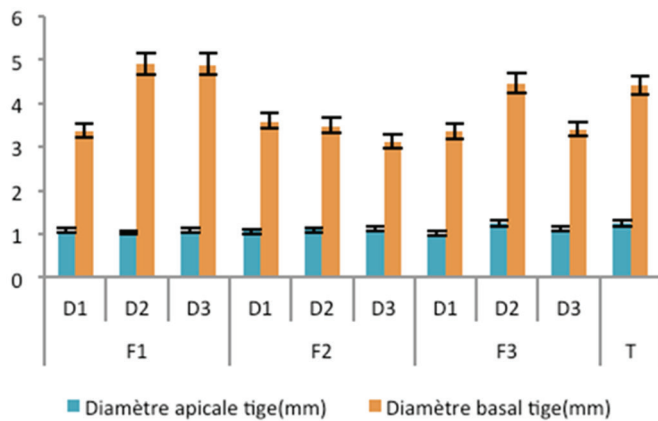


Figure 6c: Diamètres apical et basal de la tige - Taksbite

Tableau 5: Synthèse des analyses statistiques Taksbite

Paramètres	Facteurs	P	Moyenne	Écart type	Coefficient de variation
Nombre de rameaux	Dose 2	0,2860	5,65	1,56	27,88
	Fréquence 1	0,4570	5,34	2,48	46,53
Longueur tige (cm)	Dose 3	0,2580	18,39	3,60	19,60
	Fréquence 1	0,3480	18,27	3,90	21,44
Longueur entre nœud (mm)	Dose 2	0,9920	5,06	2,06	40,76
	Fréquence 2	0,0001	7,28	0,56	7,70
Nombre feuilles	Dose 2	0,7230	65,57	41,39	63,13
	Fréquence 1	0,0930	84,85	40,69	47,96
Diamètre apical tige (mm)	Dose 2	0,4300	1,12	0,11	10,13
	Fréquence 3	0,5870	1,12	0,12	10,66
Diamètre basal tige (mm)	Dose 2	0,3860	4,29	0,73	17,16
	Fréquence 1	0,2380	4,39	0,89	20,33

Tableau 6: Synthèse des analyses statistiques Anzad

Paramètres	Facteurs	P	Moyenne	Écart type	Coefficient de variation
Nombre de rameaux	Dose 3	0,9710	1,79	0,47	26,36
	Fréquence 2	0,0170	2,49	0,44	17,69
Longueur tige (cm)	Dose 2	0,4750	10,44	2,11	20,19
	Fréquence 2	0,0360	10,48	1,37	13,10
Longueur entre nœud (mm)	Dose 1	0,6670	3,69	0,96	26,18
	Fréquence 2	0,4830	3,77	0,92	24,36
Nombre feuilles	Dose 2	0,9770	12,80	11,09	86,65
	Fréquence 1	0,0001	20,74	2,33	11,23
Diamètre apical tige (mm)	Dose 3	0,8120	0,88	0,13	15,38
	Fréquence 1	0,0170	0,94	0,06	6,71
Diamètre basal tige (mm)	Dose 2	0,7490	2,24	0,39	17,25
	Fréquence 2	0,0510	2,36	0,27	11,46

Les résultats ont montré que les paramètres dendrométriques des plants d'arganier ont répondu différemment aux régimes hydriques et fréquences. En effet, le nombre de rameaux et le diamètre apical de la tige n'étaient pas sensibles aux traitements hydriques, ils ont enregistré des valeurs moyennes de $5,65 \pm 1,57$ et $5,33 \text{ mm} \pm 2,48$ mm pour le nombre de rameaux respectivement sous la dose 2 et la fréquence 1. Quant au diamètre apical, son maximum était de $1,12 \text{ mm} \pm 0,11$ mm et $1,12 \text{ mm} \pm 0,12$ mm respectivement sous la dose 2 et la fréquence 3. La longueur de la tige a accusé une évolution importante par rapport au témoin de 27,7% sous la fréquence 1 et la dose 3 avec une moyenne de $18 \text{ cm} \pm 3$ cm. La réponse de la longueur entre-nœud était hautement significative avec une moyenne de $7 \text{ mm} \pm 0,5$ mm et une augmentation par rapport au témoin de 122, 113 et 91% respectivement sous les doses 1, 2 et 3 et la fréquence 2. Enfin, le nombre de feuilles et le diamètre basal ont affiché une évolution respective de 19,7 ($84,8 \pm 40,7$) et 11,7 % ($4,39 \text{ mm} \pm 0,89$ mm) par rapport au témoin sous la dose 2 et la fréquence 1 (Figure 6a, 6b et 6c).

Site Anzad

Sur ce site, l'analyse statistique a montré une différence très hautement significative du nombre de feuilles ($20,8 \pm 2,32$) et significative du diamètre apical de la tige ($0,94 \pm 0,06$) sous la fréquence 1 d'irrigation (1 mois). De même, la fréquence 2 (2 mois) s'est montrée significative pour le nombre de rameaux ($2,48 \pm 0,43$) et la longueur de la tige ($10,5 \pm 1,37$). Ainsi, le test de comparaison des moyennes a permis de justifier le choix de la dose 2 d'irrigation (36 /

plant) comme le meilleur régime hydrique qui a influencé significativement le maximum de paramètres dendrométriques (Tableau 6).

Sur ce site, seuls les paramètres nombre de rameaux et longueur entre-nœud ont manifesté une évolution positive par rapport au témoin de 25,42% ($2,48 \pm 0,43$) et 39,8 % ($3,7 \text{ mm} \pm 0,9 \text{ mm}$) respectivement pour les deux paramètres sous la dose 1 et 2 de la fréquence 2. Cependant, les autres paramètres ont montré une réponse significative aux régimes hydriques avec des valeurs moyens de 10,4 cm \pm 2,1 cm, 0,9 mm \pm 0,1 mm et 2,3 mm \pm 0,3 mm respectivement pour la longueur de la tige, le diamètre apical et basal de la tige. En dernier lieu, le nombre de feuilles qui a montré une différence hautement significative sous la fréquence 1 et la dose 2 en moyenne $20,73 \pm 2,32$ (Figure 7a, 7b et 7c).



Photo 3: Mesure de la longueur des tiges et des entre-nœuds - Anzad

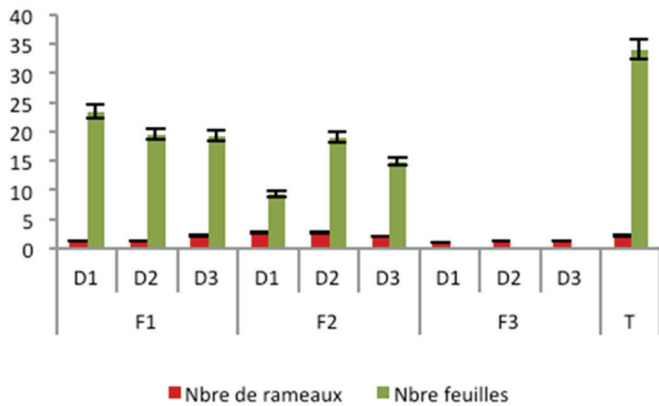


Figure 7a: Nombre de feuilles et de rameaux - Anzad

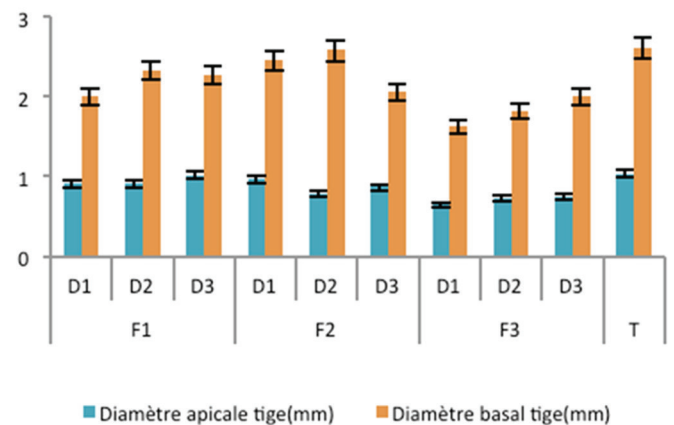


Figure 7c: Diamètres apical et basal de la tige - Anzad

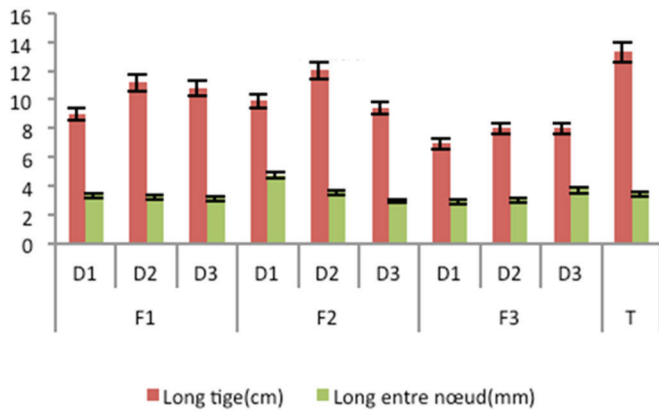


Figure 7b: Longueur de la tige et entre-nœud - Anzad

Site Tinzert

D'après le tableau 7, la fréquence 2 d'irrigation (2 mois) a influencée significativement la longueur de la tige ($21,02 \pm 2,79$), la longueur entre-nœud ($2,48 \pm 0,22$) et le diamètre basal de la tige ($0,58 \pm 0,22$). Ces résultats ont classé la dose 2 d'irrigation (35 l/plant) comme niveau du régime hydrique le plus déterminant pour une meilleure reprise de jeunes plants d'arganier.

D'après les analyses statistiques, nous avons observé un effet significatif des régimes hydriques sur la longueur de la tige ($21,02 \text{ cm} \pm 2,79 \text{ cm}$), la longueur entre-nœud ($2,48 \text{ mm} \pm 0,22 \text{ mm}$) et le diamètre basal de la tige ($3,58 \text{ mm}$

Tableau 7: Synthèse des analyses statistiques Tinzert

Paramètres	Facteurs	P	Moyenne	Écart Type	Coefficient de variation
Nombre de rameaux	Dose 2	0,244	3,0667	0,509	16,60
	Fréquence 3	0,566	3,0767	0,1286	4,18
Longueur tige (cm)	Dose 2	0,651	20,017	4,807	24,02
	Fréquence 2	0,017	21,02	2,798	13,32
Longueur entre nœud (mm)	Dose 1	0,989	2,2567	0,3465	15,36
	Fréquence 2	0,027	2,4833	0,2255	9,09
Nombre feuilles	Dose 1	0,943	51,29	41,2	80,33
	Fréquence 3	0,074	64,83	29,06	44,83
Diamètre apical tige (mm)	Dose 3	0,13	1,15	0,1277	11,11
	Fréquence 2	0,325	1,14	0,1345	11,80
Diamètre basal tige (mm)	Dose 2	0,793	3,3433	0,6539	19,56
	Fréquence 2	0,013	3,5867	0,2237	6,24

± 0,22 mm) avec une évolution par rapport au témoin de 68,0; 42,6 et 52,1% respectivement pour les trois paramètres sous la fréquence 2. Quant au nombre de rameau et diamètre apical de la tige, ils ont affiché une augmentation respective de plus de 120% ($3 \pm 0,1$) et 30,9% ($1,15 \text{ mm} \pm 0,12 \text{ mm}$) sous la fréquence 2 et 90,5% ($64,8 \pm 29,06$) pour le nombre de feuilles sous la fréquence 3 (Figure 8a, 8b, 8c).

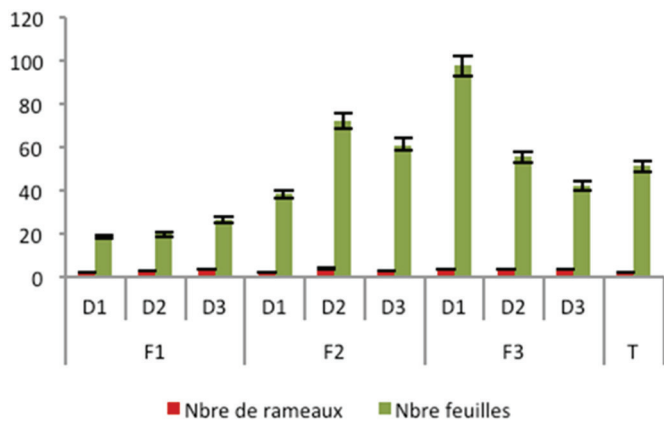


Figure 8a: Nombre de feuilles et de rameaux - Tinzert

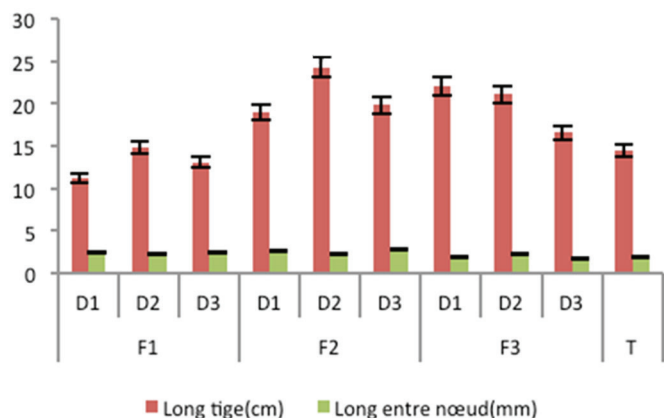


Figure 8b: Longueur de la tige et entre-noeud - Tinzert

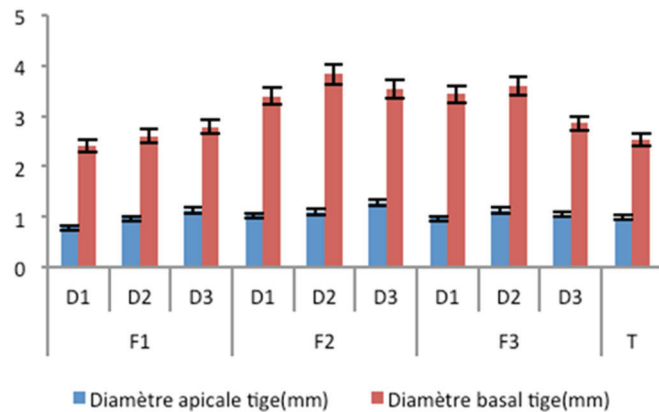


Figure 8c: Diamètres apical et basal de la tige - Tinzert

Généralement les apports d'eau ont amélioré significativement les paramètres dendrométriques des jeunes plants d'arganier avec une légère différence inter et intrasite. Cette différence est due principalement à la qualité des plants à la transplantation, la date de transplantation et la bonne gestion de l'irrigation. En effet, on peut classer la réussite de la transplantation par sites en fonction de ces indicateurs comme suit, Taksbite, Tinzert et enfin Anzad (Figure 9).

Ces résultats ont montré également que les doses et les fréquences recommandées respectent les facteurs édaphiques pour chaque site. Ainsi, le sol de taksbite caractérisé par une texture sablonneuse et caillouteuse avec une faible réserve utile (0,6 mm/cm) a besoin d'une irrigation fréquente à faible dose. Contrairement à la texture du sol des deux autres sites Anzad; sablo-limoneuse et Tinzert; sablo-argileuse avec une réserve utile plus importante (1,38 et 1,34 mm/cm), il a besoin des irrigations moins fréquentes à des doses assez suffisantes.

CONCLUSION

A partir de ce travail, nous avons retenu que la bonne gestion de l'irrigation est un facteur clé pour la réussite de la reprise de jeunes plants d'arganier après transplantation au terrain. Néanmoins, un certain nombre de facteurs

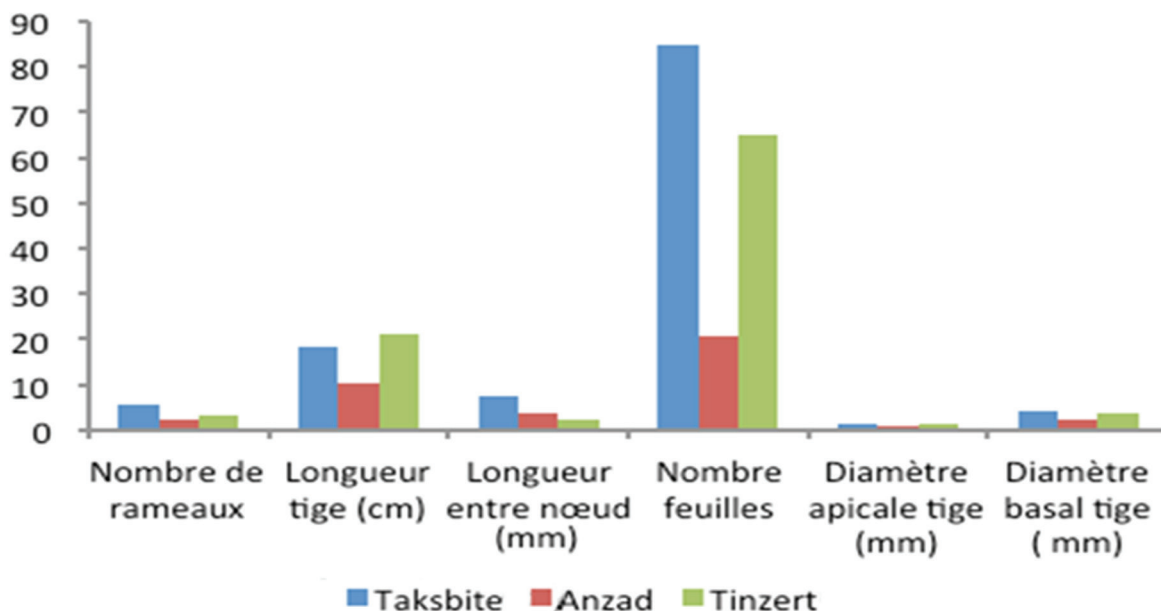


Figure 9: Paramètres dendrométriques de l'arganier dans les trois sites

d'hétérogénéité en relation directe avec la qualité des plants d'une part et les conditions du milieu de transplantation d'autre part sont à considérer. En d'autre terme, cette expérimentation doit être conduite en conditions contrôlées afin d'annuler toute source d'hétérogénéité et pour vérifier les résultats obtenus.

Le matériel végétal reste le facteur le plus déterminant dans le succès de jeunes plantations d'arganier à côté de l'ensemble des facteurs de production. Sa caractérisation et multiplication doivent être initiées dans son aire écologique pour l'évaluer ensuite sur d'autres sites.

En perspective de recherche, la tolérance de jeunes plants d'arganier au stress est une voie prometteuse de recherche à suivre puisque nous avons toujours des sujets résistants qui arrivent à s'adapter aux conditions défavorables du milieu.

Enfin, toute technique permettant d'améliorer la capacité d'adaptation au stress des jeunes plants après transplantation aura une importance capitale dans la réussite de la reprise de jeunes plantations au terrain.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Aspinall D. (1986). Metabolic effects of water and salinity stress in relation to expansion of the leaf surface. *Aust. J. Plant Physiol.*, 13: 59-73.
- Bruand A., Duval O., Cousin I. (2004). Estimation des propriétés de rétention en eau des sols à partir de la base de données SOLHYDRO: Une première proposition combinant le type d'horizon, sa texture et sa densité apparente. *Étude et Gestion des Sols*, 11: 323-334.
- Bouzoubaà Z., El Mourid M. (1999). Étude comparative de quelques paramètres physiologiques de l'arganier sous plusieurs régimes hydriques. First International conference on biodiversity and naturel ressource preservation, Book of abstract, Ifrane, 13-14 May.
- Charrouf Z., Guillaume D., (2007). Phenols and Polyphenols from *Argania spinosa*. *American Journal of Food Technology*, 2: 679-683.
- El Aboudi A. (1990). Typologie des arganeraies inframéditerranéennes et écophysiologie de l'arganier [*Argania spinosa* (L.) Skeels] dans le Souss (Maroc). Thèse Univ. Joseph Fourier, Grenoble I.
- Jamagne M., Bétrémieux R., Bégon J.C., Mori A. (1977). Quelques données sur la variabilité dans le milieu naturel de la réserve en eau des sols. *Bulletin Technique d'Information*. 324-325, 627-641.
- Harrouni M.C., Zahri S., El Hemaïd A. (1995). Transplantation des jeunes plantules d'arganier: effet combiné de techniques culturales et du stress hydrique. Actes du colloque international La forêt face à la désertification « cas des Arganeraies », faculté des sciences, Agadir, 26, 27 et 28 octobre: 115-33.
- Mougou A. (1984). Évaluation de la résistance à la sécheresse par des paramètres morphologiques, écophysiologiques et biochimiques chez plusieurs espèces de tomate. Thèse doc Ès-sciences, université de l'État à Gand, 208 p.
- Reda Tazi M., Berrichi A., Haloui B. (2003). Effet du polyéthylène glycol sur la germination et la croissance in vitro de l'arganier (*Argania spinosa* L. Skeels) des Beni-Snassen (Maroc oriental). Note de recherche, *Science et changements planétaires/Sécheresse*. 14: 23-7.
- Thakur P.S., Rai V.K. (1982). Effect of water stress on protein content in two maize cultivars differing in drought resistance. *Biologia Plant (Praha)*, 24: 96-100.
- Thierry L. (1987). L'arganier au Maroc: sa description, ses méthodes de multiplication et son application en reforestation. Thèse d'ingénieur technique, Institut provençal d'enseignement supérieur agronomique et technique, 183 p.
- Zahri S., Harrouni M.C. (1999). Optimisation de la reprise après transplantation chez l'arganier (*Argania spinosa* L. Skeels). First International conference on biodiversity and naturel ressource preservation. Book of abstract, Ifrane, 13-14 May.