



## Le potentiel mycorhizogène des sols urbains en zones semi-arides et la tolérance du Palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) au déficit hydrique (The mycorrhizal potential of urban soils in semi-arid zones and tolerance of date palm (*Phoenix dactylifera* L.) to water deficit)

M. Radi<sup>1</sup>, H. Hamdali<sup>2</sup>, A. Meddich<sup>1</sup>, L. Ouahmane<sup>1</sup>, M. Hafidi<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Faculté de Sciences Semlalia, Université Cadi Ayyad, Laboratoire Ecologie et Environnement (L2E) (Unité Associée au CNRST, URAC32, Unité associée au CNRS), Marrakech Morocco

<sup>2</sup>Faculté des Sciences et Techniques, Université Sultan Moulay Slimane, Laboratoire de Valorisation et Sécurité des Produits Agroalimentaires, Béni Mellal Morocco

Received 6 May 2014, Revised 22 June 2014, Accepted 22 June 2014

\*Corresponding author. Pr. Mohamed HAFIDI. E-mail address: [hafidi.ucam@gmail.com](mailto:hafidi.ucam@gmail.com) / [hafidi@ucam.ma](mailto:hafidi@ucam.ma), Tel.: +212 5 24 43 76 65; Fax : +212 5 24 43 76 65

### Abstract

In the current study, the importance of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) in the resistance to water deficit of date palm (*Phoenix dactylifera* L.) was assessed. From urban soils (three gardens and three boulevards) and suburban soils (two palms) of Marrakech city (Morocco), eight sites were selected and studied for their ability to improve the tolerance of the date palm to water stress. The application of water stress 25% of field capacity (CC) significantly increases the natural frequency of mycorrhizal colonization (100%) in plants grown in soils of the eight sites studied in comparison with 50, 75, and 100% CC. Thus, plants grown in soils from gardens represent the highest intensity of roots mycorrhizal colonization of palm after eight months of culture and regardless of the level of water deficit imposed in the soil. The infection frequency of roots reaches 85% in plants grown in soil from the garden site (J2) after the application of water stress 50% CC. Moreover, the application of water deficit by 25% and 50% CC significantly reduces the growth parameters of the date palm which is accompanied by a significant increase in levels of P, N, K and Na. Similarly, the analysis of biochemical parameters (proline, phenols, soluble sugars and proteins) showed significantly higher levels in plants grown in soils of gardens and palm groves in comparison with those grown in soils of boulevards in limiting conditions of water (25% CC).

**Keywords:** Soil fungi, date palm, drought, physicochemical and biochemical parameters, urban land.

### Résumé

L'importance des champignons mycorhiziens arbusculaires (CMA) dans la résistance du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) au déficit hydrique a été évaluée au cours de cette étude. A partir des sols urbains (trois jardins et trois boulevards) et périurbains (deux palmeraies) de Marrakech (Maroc), huit sites ont été sélectionnés et étudiés pour leur aptitude à améliorer la tolérance du palmier dattier au stress hydrique. L'application d'une contrainte hydrique de 25% de la capacité au champ (CC) augmente significativement la fréquence de mycorhization naturelle (100%) par les CMA chez les plantes cultivées dans les sols des huit sites étudiés que par les régimes 50, 75, et 100% CC. Ainsi, les plantes cultivées dans les sols issus des sites des jardins représentent la plus forte intensité de mycorhization des racines du palmier après huit mois de culture et ce quel que soit le régime hydrique imposé. La fréquence d'infection des racines atteint 85% chez les plantes cultivées dans les sols issus du site du jardin (J2) après l'application du stress hydrique 50% CC. Par ailleurs, l'application des contraintes hydriques de 25% et de 50% CC réduit significativement les paramètres de croissance du palmier dattier qui s'accompagne par un accroissement significatif des teneurs en P, N, K et Na. De même l'analyse des paramètres biochimiques (proline, phénols, sucres solubles et protéines) a montré des teneurs significativement plus élevées chez les plantes cultivées dans les sols des jardins et des palmeraies en comparaison avec celles cultivées dans les sols des boulevards en conditions limitantes en eau (25% CC).

**Mots-clés :** Champignons du sol, palmier dattier, sécheresse, paramètres physicochimiques et biochimiques, milieu urbain.

### 1. Introduction

Le palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) est adapté aux sols de formation désertique et subdésertique très divers, qui constituent les terres des régions arides et semi arides. Durant la dernière décennie, des contraintes

biotiques et abiotiques ainsi que des faibles fertilités des sols des palmeraies ont entraîné une destruction intense des palmeraies et une détérioration des écosystèmes, limitant ainsi la production agricole dans ces milieux [1].

Dans les zones arides marocaines, les palmiers dattiers sont considérés comme éléments cruciaux pour l'écosystème puisqu'ils protègent la végétation environnante contre l'effet de la désertification et permettent de fournir un microclimat adéquat aux cultures adjacentes [2]. Toutefois, la sécheresse, la salinité du sol et les maladies fongiques comme la fusariose (*Fusarium oxysporum* sp. *albedenis*) diminue considérablement le rendement des palmiers [3]. La sécheresse prolongée qui a sévi au Maroc lors de ces dernières décennies a eu un effet directe sur la dégradation de toutes les palmeraies du pays, notamment celles de la région de Marrakech, qui connaissent des problèmes de dégradation continue, par la diminution de la productivité agricole et forestière [4], et par le dessèchement des pieds des palmiers dattiers et les cultures sous-jacentes. Le déficit en eau peut produire une carence par défaut d'apport de certains éléments nutritifs et affecte toutes les fonctions de la plante [5].

Cependant, pour lutter contre les carences en éléments minéraux, les champignons mycorhiziens arbusculaires (CMA) établissent une association symbiotique avec la majorité des plantes terrestres, y compris ceux des zones arides [6]. Les CMA vivent en symbiose avec les racines des plantes pour un meilleur prélèvement des éléments minéraux, en particulier le phosphore, et ainsi leur permettant de se développer dans des zones pauvres en eau et en éléments minéraux [7-9]. Par ailleurs, les CMA peuvent protéger les plantes contre les stress environnementaux tels que la salinité du sol [10], la sécheresse [7] et les agents pathogènes tels que la fusariose [11].

L'objectif du présent travail est de mettre en évidence le rôle bénéfique des CMA, natifs des sols urbains entretenus et ceux délaissés, sur la tolérance du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) au stress hydrique et leur influence sur la croissance et le développement de la plante.

## 2. Matériel et méthodes

### 2.1. Sites d'étude

Nous avons mené notre étude dans la palmeraie de Marrakech (Maroc). Le choix des sites a tenu compte l'état des palmiers et l'activité anthropique. Nous avons ainsi retenu huit sites d'étude dont six en milieu urbain (trois jardins et trois boulevards) et deux en milieu périurbain (deux palmeraies) pour le prélèvement du sol rhizosphérique des pieds des palmiers dattiers (Tableau 1). Pour chaque site, 15 échantillons de sol et de racines rhizosphériques du palmier dattier ont été prélevés. En effet, pour chaque arbre et à 1 m du tronc, quatre échantillons de sol et de racines (environ 2 kg) ont été prélevés dans les quatre directions cardinales sur une profondeur de 10 à 40 cm et mélangés par la suite pour donner un échantillon moyen homogène. La composition physicochimique des sols des huit sites étudiés a été analysée.

**Tableau 1:** Présentation des sites d'étude et leurs caractéristiques

Sites d'étude		Localités	Caractéristiques
Milieu périurbain	Palmeraies	P1 : Palmeraie Azzouzia	- Palmiers à l'état naturel - Pas d'activité agricole - Pas de système d'irrigation ni d'entretien ;
		P2 : Circuit de la palmeraie	- Présence d'activité agricole - Présence de système d'irrigation (eaux usées) des cultures associées ;
Milieu urbain	Jardins	J1 : Arset Moulay Abdesslam	- Présence d'activité agricole
		J2 : Menara	- Présence de système d'irrigation et des travaux d'entretien ;
		J3 : Rwidate	
	Boulevards	BV1 : Abdelkrim Khattabi	- Palmiers à l'état naturel
		BV2 : Prince Moulay Abdallah	- Pas d'activité agricole
		BV3 : Mouzdalifa	- Pas de système d'irrigation ni d'entretien - Actions anthropiques très variées (circulation routière, rejet des déchets ...).

## 2.2. Conduite des cultures

Après l'échantillonnage, nous avons utilisé des pots en plastique (17×8 cm) contenant 1 kg d'échantillon du sol de chacun des huit sites étudiés pour le développement du système racinaire des jeunes plantes. Les graines du palmier dattier de la variété «Boufeggous» émanant de la Palmeraie de Marrakech ont été désinfectées par immersion dans une solution d'eau oxygénée à 15% pendant 20 minutes suivies de trois lavages à l'eau distillée stérile. Elles ont été mises en germination dans les pots préparés à raison d'un semis/pot. L'ensemble a été incubé dans la pépinière de la commune urbaine de Marrakech sous les conditions suivantes : T° max moyenne : 33.26 °C ; T° min moyenne : 22.31 °C ; L'humidité relative maximale moyenne : 48.2 % ; L'humidité relative minimale moyenne : 14.33 %.

Les plantules du palmier sont menées sous des conditions hydriques normales pendant dix jours, ensuite arrosés à saturation et laissés drainer pendant 48 h afin de peser le sol pour déterminer la capacité maximale de rétention d'eau (capacité au champ du sol). La méthode utilisée pour l'application de la contrainte hydrique est celle décrite par El achouri [12] et Tobar et al [13]. Soit P1 le poids du pot plein de sol sec. On arrose ensuite le sol jusqu'à saturation, puis on le laisse s'égoutter sous l'effet de la pesanteur, jusqu'à poids constant. Le sol est ainsi à la capacité au champ (CC). Soit P2 le poids du pot après écoulement de l'eau en excès. La différence (P2 – P1) correspondra au volume d'eau nécessaire à l'obtention de la capacité au champ du sol utilisé (100 % CC). Pour avoir des humidités équivalentes du sol, à 75%, 50% et à 25% de la CC, nous avons ajouté aux séries de pots renfermant du sol sec, les volumes d'eau correspondant à  $0,75 \times (P2 - P1)$  ;  $0,50 \times (P2 - P1)$  et à  $0,25 \times (P2 - P1)$  respectivement. On note ensuite les poids P3, P4 et P5 des pots qui correspondent successivement à 75%, 50% et à 25% de la CC. Au cours de l'expérience, dans les trois traitements hydriques utilisés, les pots sont ramenés par pesées successives et addition de l'eau distillée, au poids correspondant à la contrainte hydrique imposée (75%, 50% ou 25% de la CC). Pendant toute l'expérience, les pots sont pesés deux fois par jour (balance type Ohaus DS4 capacity 44 × 02 lb) et l'eau perdue est remplacée [13]. Nous avons effectué 30 répétitions pour chaque traitement utilisé.

## 2.3. Paramètres mesurés

Au cours de l'expérimentation, les mesures des paramètres morphologiques de croissance du palmier dattier ont été effectuées et suivies périodiquement pendant les huit mois de culture sous les différentes contraintes hydriques imposées (75%, 50% ou 25% de la CC). Des prélèvements de six plantes par traitement et par répétition ont été effectués pour la réalisation des analyses des paramètres biochimiques après huit mois de culture.

Les racines des plantules du palmier ont été traitées selon la méthode décrite par Phillips et Hayman [14] et colorées au bleu trypan à 0.01 % dans du lactoglycérol. L'examen de l'état de la mycorhization du système racinaire a été réalisé selon la méthode décrite par Trouvelot *et al.* [15] pour caractériser le développement et l'agressivité des champignons mycorhiziens (Fréquence de mycorhization et intensité de colonisation du cortex) en condition de contrainte hydrique.

La réponse des plantules du palmier dattier à la mycorhization a été estimée par la détermination du nombre de feuilles formées, la surface foliaire, l'allongement de la partie aérienne de la plante et la production de biomasse (matière fraîche (MF) et matière sèche (MS) obtenue après séchage à l'étuve à 105 °C pendant 24 heures) des échantillons racinaires et foliaires pris séparément.

L'effet de la mycorhization sur la teneur en éléments minéraux chez le palmier dattier a été estimé par le dosage de N, P, K, Na, Ca et Mg dans les parties aériennes de la plante selon la méthode décrite par Harvey et Fox [16].

La teneur relative en eau (TRE) a été déterminée par mesure de la masse de matière fraîche (PF), celle de matière sèche (PS), et celle de la pleine turgescence relative (PPT) qui se fait selon la méthode décrite par Barrs [17]. La teneur relative en eau est déduite par la formule suivante :  $TRE\% = [(PF - PS) / (PPT - PS)] \times 100$ .

A partir du sol rhizosphérique prélevé de chaque site étudié, les spores des champignons mycorhiziens à arbuscule ont été collectées selon la méthode décrite par Gerdman et Nicolson [18] et destinées à l'extraction par la méthode de Brundrett *et al.* [19]. Les spores retenues sont récupérées et conservées dans du polyvinylalcooglycérol à 4 °C jusqu'à leur utilisation dans le dénombrement [20].

D'autres analyses biochimiques des parties aériennes des plantules du palmier cultivées sous les différentes conditions hydriques ont été réalisées. Le dosage de la proline a été effectué selon la méthode de Singh *et al.* [21]. La concentration des sucres solubles est déterminée sur les feuilles des plantules selon la méthode de Dubois [22]. Le dosage des phénols totaux solubles est réalisé par la technique de Folin-Ciocalteu [23]. Pour le dosage des protéines, les plantes du dattier ont été rincées deux fois à l'eau distillée stérile, coupées en petits morceaux puis broyées à froid (4°C) dans le tampon Tris-maléate (0.1M ; pH 6.5) contenant le triton X-100 (0.1 g l<sup>-1</sup>) à raison de 500 mg de la MF par 3 ml du tampon. Les broyats sont centrifugés à une vitesse de 10000×g pendant 5 min. L'opération est répétée 3 fois. Les surnageants sont regroupés pour le dosage des protéines totales en utilisant le réactif de Bradford (Bio-Rad) à raison de 100 µl de l'extrait protéique ajoutée à 2.5 ml du réactif. La gamme étalon est réalisée avec la solution de sérum albumine bovine (BSA) (5–55 mg ml<sup>-1</sup>) et analysée au spectrophotomètre (Spectronic Genesis 2) à une longueur d'onde de 595 nm.

## 2.4. Analyse statistique des données

Tous les résultats ont été analysés statistiquement avec le logiciel XLSTAT. L'étude comprend une analyse de variance suivie du test de Newman et Keuls au seuil de 5 %.

### 3. Résultats et discussion

#### 3.1. Caractéristiques physico-chimiques et de mycorhization du palmier dattier des sites d'étude

La composition physicochimique des sols des huit sites étudiés est représentée dans le **tableau 2**. Ainsi, l'analyse en composantes principales des caractéristiques physico-chimiques et de la mycorhization des sols rhizosphériques du palmier dattier des sites étudiés (Fig. 1) a permis de mettre en évidence l'existence de quatre groupes distinctifs. Le premier groupe formé par les sites P1, J2 et Bv3 qui est à l'opposé du deuxième groupe formé par les sites J1, Bv1 et Bv2 par rapport à la première composante (CI). Le troisième groupe représenté par le site J3 est à l'opposé du quatrième groupe formé par le site P2 par rapport à la deuxième composante (CII).

**Tableau 2:** Caractéristiques physico-chimiques des sols étudiés

	P 1	P 2	BV1	BV 2	BV 3	J 1	J 2	J 3
<b>Physico-chimie</b>								
pH eau	8,0 <sup>c</sup> ±0.06	8,6 <sup>a</sup> ±0.01	7,7 <sup>e</sup> ±0.01	7,8 <sup>e</sup> ±0.01	7,9 <sup>cd</sup> ±0.02	7,9 <sup>c</sup> ±0.02	8,3 <sup>b</sup> ±0.03	8,3 <sup>b</sup> ±0.04
CE (µs/cm)	753 <sup>ab</sup> ±24,58	1126 <sup>ab</sup> ±6.03	1127 <sup>ab</sup> ±9.07	2420 <sup>a</sup> ±64,29	1112 <sup>ab</sup> ±61,65	1233 <sup>ab</sup> ±122.12	518 <sup>ab</sup> ±17.62	225 <sup>b</sup> ±1.00
CaCO <sub>3</sub> %	21,32 <sup>a</sup> ±0.04	5,53 <sup>f</sup>	18,84 <sup>c</sup> ±0.11	19,89 <sup>b</sup> ±0.11	12,20 <sup>e</sup> ±0.33	18,94 <sup>c</sup> ±0.21	13,40 <sup>d</sup>	1,29 <sup>g</sup> ±0.02
COT %	1,92 <sup>b</sup> ±0,11	1,86 <sup>cd</sup> ±0,11	2,05 <sup>a</sup> ±0,05	1,94 <sup>b</sup> ±0,05	1,78 <sup>d</sup> ±0,05	1,86 <sup>cd</sup> ±0,02	1,82 <sup>d</sup> ±0,08	1,66 <sup>e</sup> ±0,04
MO %	3,40	2,24	3,94	3,04	2,01	2,35	2,47	0,68
NTK %	0,02 <sup>f</sup> ±0.003	0,03 <sup>de</sup> ±0.003	0,04 <sup>c</sup> ±0.003	0,07 <sup>b</sup> ±0.006	0,02 <sup>ef</sup> ±0.002	0,03 <sup>d</sup> ±0.003	0,03 <sup>de</sup> ±0.003	0,16 <sup>a</sup> ±0.002
C/N	88,16	40,97	53,28	26,20	50,07	41,81	45,11	2,49
Phosphore assimilable (mg/g)	0,13 <sup>ef</sup> ±0.003	0,27 <sup>cde</sup> ±0.034	0,37 <sup>ab</sup> ±0.018	0,40 <sup>a</sup> ±0.024	0,24 <sup>de</sup> ±0.028	0,33 <sup>abc</sup> ±0.015	0,27 <sup>bcd</sup> ±0.019	0,06 <sup>f</sup> ±0.012
Phosphore total (mg/g)	73,84 <sup>b</sup> ±5,19	37,13 <sup>c</sup> ±2.61	62,04 <sup>b</sup> ±0.44	77,30 <sup>b</sup> ±9.99	71,89 <sup>b</sup> ±4.26	59,98 <sup>b</sup> ±0.92	122,45 <sup>a</sup> ±9.45	45,42 <sup>c</sup> ±1.16
<b>Granulométrie</b>								
SG%	16,62	2,47	31,62	38,94	31,69	26,69	25,61	27,95
SF%	15,22	11,61	20,32	18,98	22,70	21,72	18,93	22,68
LG%	16,35	22,44	9,36	7,63	7,53	8,91	14,18	13,60
LF%	35,86	46,67	26,61	25,63	26,04	29,08	30,36	14,91
A%	15,95	16,81	12,09	8,82	12,04	13,60	10,91	20,87

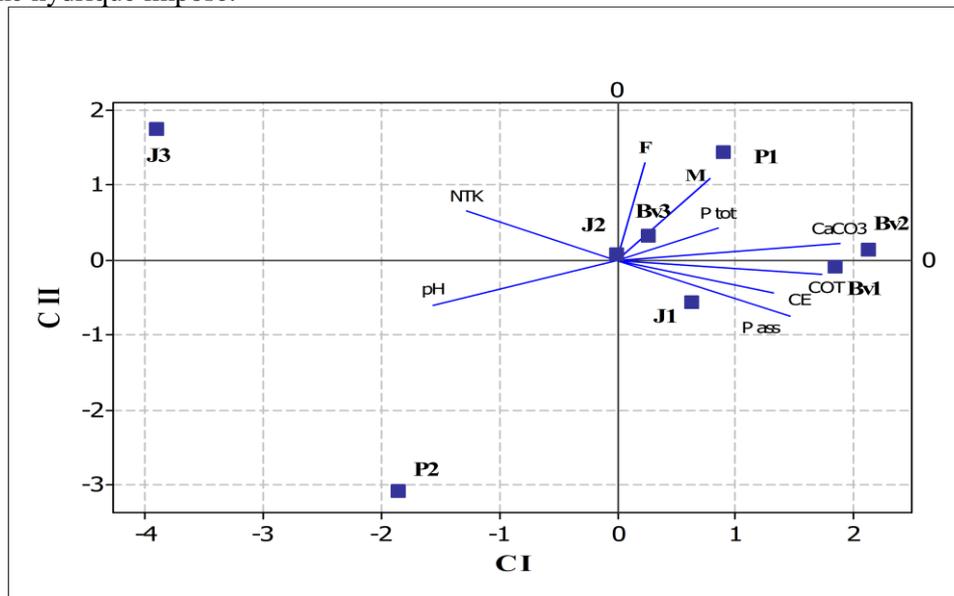
**BV** : Boulevard ; **J** : Jardin ; **P** : Palmeraie; Pour chaque paramètre, les valeurs moyennes dans les colonnes suivies de lettres différentes sont significativement différentes ( $p \leq 0,05$ )

Le diagramme représente un gradient de fertilité (richesse en éléments minéraux, CE, COT et calcaire) associé à (CI) dont les valeurs positives de cette composante correspondent aux fortes teneurs en COT, en phosphore assimilable et en calcaire, ainsi qu'une conductivité électrique élevée. Les sites corrélés à la (CI) sont ceux qui forment le deuxième groupe par contre les sites P2 et J3 sont pauvres en éléments nutritifs. La position du site P2 dans les valeurs négatives associées aux deux composantes CI et CII, est due à son pH élevé, à la faible fréquence de mycorhization et la faible intensité de colonisation. En ce qui concerne le site J3, un peu riche en azote total, est situé dans les valeurs extrêmement négatives de la composante CI et dans les valeurs positives de la CII. Le groupe 1 formé est corrélé positivement avec les paramètres de mycorhization, ce qui explique sa position dans les valeurs positives des deux composantes.

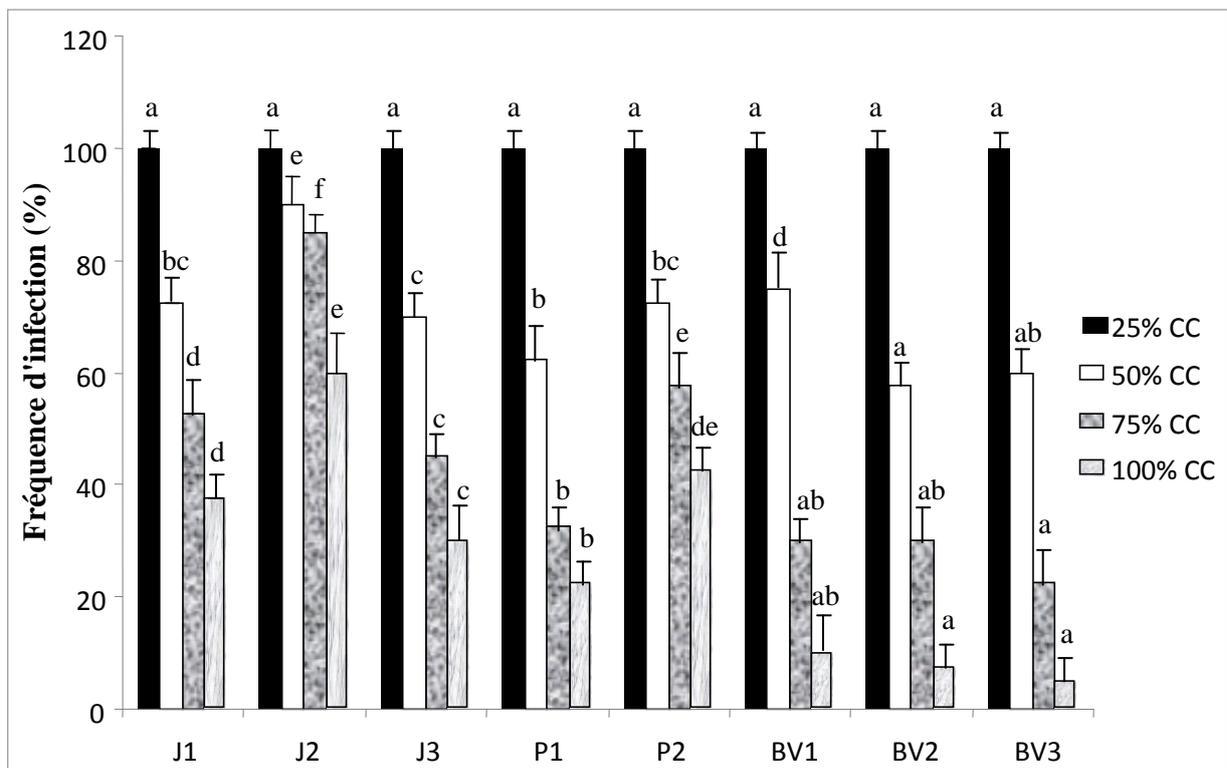
#### 3.2. Effet du stress hydrique sur la colonisation des racines du palmier dattier par les champignons mycorhiziens

La mise en évidence des structures symbiotiques des CMA à l'intérieur des racines des jeunes plantules du palmier dattier des différents sites d'étude pourraient confirmer la mycorhization naturelle de cette plante. Au

niveau des huit sites étudiés, la fréquence d'infection du système racinaire du palmier par les CMA semble être affectée par le déficit hydrique du sol (Fig. 2). En effet, le dessèchement du sol provoque une baisse de la fréquence d'infection des racines du palmier. Pour les quatre traitements hydriques, la fréquence de mycorhization est plus importante dans le cas du régime 25% CC que par les régimes 50, 75, et 100% CC. Ainsi, l'application du régime hydrique 100% CC réduit l'intensité de colonisation des mycorhizes dans les sols du milieu urbain (sites des boulevards) en comparaison avec les autres sites étudiés (Fig. 2). Ainsi, le site du milieu urbain (J2 : Jardin de Menara) représente la plus forte intensité de mycorhization des racines et ce quel que soit le régime hydrique imposé.



**Figure 1:** Diagrammes d'analyse en composantes principales, double projection, des caractéristiques physico-chimiques et des paramètres de mycorhization dans les huit sites d'étude.



**Figure 2:** Effet de la contrainte hydrique sur la fréquence de mycorhization des racines du palmier après huit mois de culture.

Comme le montre l'analyse statistique, l'application des contraintes hydriques de 75 et de 100% de la CC réduit la progression des champignons mycorhiziens dans le cortex racinaire du palmier dans les huit sites étudiés (Tableau 3). Les sols du milieu urbain (les boulevards : BV1, BV2 et BV3) sont les plus sensibles au dessèchement en ayant le plus bas pourcentage de colonisation à 75 et 100 % CC. De même, les densités de spores mesurées dans les sols rhizosphériques des jardins et des palmeraies sont généralement les plus importantes en comparaisons avec d'autres sites des boulevards (Tableau 3). Ces densités de spores sont significativement plus élevées après l'application des contraintes hydriques de 75 et de 100% de la CC.

**Tableau 3:** Effet du stress hydrique sur la colonisation des racines du palmier par les champignons mycorhiziens après huit mois de culture.

	Contrainte hydrique imposé (% CC)	J 1	J 2	J 3	P 1	P 2	BV1	BV 2	BV 3
M	25	89,00a	72,32a	63,50a	84,25a	93,62a	92,50a	86,37a	84,00a
	50	38,25ab	62,25d	38,62bc	30,75ab	48,12c	48c	26,62a	34,12ab
	75	23,75bc	46,75d	18,37abc	11,37ab	24,5c	4,75a	7,12a	8,12ab
	100	15,75b	28,5c	7a	5,5a	13,87b	1,12a	1a	0,75a
Nombre de spores	25	729,7a	631,11a	557,8a	466,6a	644,4a	293,33a	244,44a	246,6a
	50	728,9a	608,9a	555,5a	488,9a	573,3a	264,4a	208,8a	206,6a
	75	606,7d	480bcd	491,1bcd	422,2abcd	580cd	233,3abc	117,7a	155,5ab
	100	980abc	675,6c	400abc	464,4bc	580c	173,3ab	84,44a	73,33a

M= intensité de colonisation du cortex; Pour chaque paramètre, les données suivies de la même lettre sont non significatives selon l'analyse de la variance à un seul facteur ( $p < 0,05$ )

### 3.3. Effet du déficit hydrique sur la croissance du palmier dattier

Les résultats obtenus ont montré que le stress hydrique a un effet négatif sur la plupart des paramètres morphologiques étudiés du palmier dattier. La surface foliaire du palmier est augmentée de manière significative par l'application du régime hydrique de 75% de la CC et ce dans les huit sites d'étude (Tableau 4). De même, la surface foliaire du palmier dans les sols rhizosphériques des jardins et des palmeraies est généralement plus importante en comparaisons avec les autres sites des boulevards (Tableau 4). Elle est de 34,15 cm<sup>2</sup> chez le palmier du sol du Jardin Rwidate (J3) et elle n'est que de 26,61 cm<sup>2</sup> chez le palmier du boulevard (BV<sub>3</sub>) pour un traitement hydrique de 75 % de la CC. Ce paramètre de surface foliaire a été mesuré seulement sur la première feuille la mieux développée du même rang 1 pour l'ensemble des plantations testées et ce au niveau des différents régimes hydriques appliqués et pour les différentes répétitions utilisées. Pour un stress hydrique correspondant à 25 et 50 % de la CC, on note une diminution non significative de la surface foliaire. De même, le nombre de feuilles formées diminue lorsque la réserve en eau disponible du sol diminue. L'étude de la vitesse d'apparition des feuilles en fonction des traitements hydriques a montré que l'application du régime hydrique de 75% de la CC permet la formation d'un nombre de feuilles significativement supérieur à celui produit par les plantes cultivées sous les autres régimes hydriques et ceci dans les huit sites étudiés (Tableau 4). L'application de la contrainte hydrique a eu aussi un effet négatif sur la hauteur de la partie aérienne du palmier dès la huitième semaine de croissance. Lorsque la contrainte hydrique s'accroît, l'allongement de la partie aérienne du palmier est réduit (Tableau 4). Ces diminutions de l'allongement sont significativement plus élevées avec l'application du régime de 50, 75 et 100% CC dans le sol rhizosphérique du palmier des sites des jardins et des palmeraies que dans les sites des boulevards. L'application de la contrainte hydrique n'a pas eu d'effet significatif sur la hauteur de la partie aérienne de la plante du site du milieu urbain (Boulevard My Abdellah : BV<sub>2</sub>).

La production de matière sèche aérienne est accrue de manière plus significative chez le palmier des sites des jardins et des palmeraies par l'application des régimes hydriques de 75, 50 et de 25% de la CC

(Tableau 4). L'application du stress hydrique de 25% CC a eu un effet significatif sur la teneur en eau de la plante dans les sites des jardins et des palmeraies. Parmi les sites du milieu urbain étudié, la teneur en eau est la plus élevée dans le site du jardin (J3) qui est de 34.94% et elle n'est que de 20.16% dans le site du boulevard (BV3) (Tableau 4).

**Tableau 4:** Effet de la contrainte hydrique sur les paramètres de croissance du palmier dattier après huit mois de culture.

	Contrainte hydrique imposé (% CC)	J 1	J 2	J 3	P 1	P 2	BV1	BV 2	BV 3
<b>SF (cm<sup>2</sup>)</b>	25	26,72b	25,79b	57,65a	18,03b	20,43b	12,89b	18,46b	17,92b
	50	29,22a	27,75a	30,43a	28,68a	27,86a	24,97a	26,17a	27,15a
	75	31,36ab	32,34ab	34,15a	32,45ab	30,98ab	30,38ab	29,12ab	26,61b
	100	39,61a	43,38a	46,17a	34,42a	36,55a	33a	35,46a	41,14a
<b>HT</b>	25	37,33a	37,33a	34,83a	35,66a	35,83a	33,16a	29,66b	28b
	50	42,5a	38,33b	37ab	36,16bc	37,66bc	33,16bc	29,83c	31,5c
	75	44,83a	40,83abc	38,5bc	38bc	41,83ab	37,83bc	30,5d	35,16c
	100	45,83a	40,5bc	39,33bc	38,5bc	42,83ab	57,5bc	31,66d	36,5c
<b>NF</b>	25	4,66a	4,66a	4,66a	4,66a	4,66a	4,66a	4a	4a
	50	4,66a	4,66a	4,66a	5a	4,66a	5a	4,66a	4a
	75	5,66a	5,33ab	5,33ab	5ab	5,33ab	5ab	5ab	4b
	100	5,66a	5,66a	5,33a	5,66a	5,66a	5,66a	5a	5,66a
<b>MSF (g)</b>	25	6,22a	5,43ab	4,79ab	4,76ab	4,52ab	4,41ab	4,83ab	3,58b
	50	6,84a	5,49ab	4,98ab	5,53ab	4,75ab	4,95ab	4,56ab	3,95b
	75	7,82a	6,44ab	6,32ab	5,9ab	5,32ab	5,55ab	4,95ab	4,70b
	100	8,12a	6,98a	6,53a	6,21a	6,30a	5,743a	5,68a	5,15a
<b>TE (%)</b>	25	21,11ab	22,87ab	34,94a	32,73a	27,52ab	4,43b	21,75ab	20,16ab
	50	19,83a	42,85a	43,93a	21,24a	39,94a	19,56a	33,53a	25,54a
	75	20,92a	42,77a	34,98a	26,45a	35,61a	37a	35,62a	26,03a
	100	21,67a	35,07a	37,34a	26,29a	27,3a	183,4a	29,81a	20,38a

SF : surface foliaire; NF : nombre de feuilles; HT : hauteur de la partie aérienne ; MS : matière sèche foliaire ; TE : teneur en eau; Pour chaque paramètre, les valeurs suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes  $P < 0,05$  (test de Newman et Keuls).

Dans les sites des jardins et des palmeraies, un accroissement significatif des teneurs en P, N, K et Na des parties aériennes du palmier est enregistré quand les conditions d'alimentation en eau soient défavorables (25 et 50% CC) (Tableau 5). La teneur en Ca n'a cependant pas été influencée par la contrainte hydrique imposée.

### 3.4. Effet de la contrainte hydrique sur les paramètres biochimiques du palmier dattier

Le taux de proline est accru de manière plus significative chez le palmier des sites des jardins et des palmeraies que dans les boulevards et ce avec tous les régimes hydriques imposés à l'exception de la contrainte de 50% de la CC (Tableau 6). Le taux de proline atteint 0.91  $\mu\text{g/g}$  MF au niveau du site de la palmeraie (P2) et il n'est que de 0.59  $\mu\text{g/g}$  MF au niveau du site du boulevard (BV3) sous stress hydrique de 25% CC après huit mois de culture.

De même, les phénols sont plus concentrés dans les plantes des sites des jardins et des palmeraies en comparaison avec ceux des sites des boulevards. Cette teneur est significativement plus importante avec l'application de la contrainte 25% CC et elle est sans différence significative entre les sites d'étude avec les régimes hydriques de 50% et 100% CC.

Les teneurs en sucres solubles et en protéines sont aussi plus importantes dans les sites des jardins et des palmeraies par rapport à ceux des boulevards et ce quel que soit le régime hydrique imposé. On note que ces teneurs sont significativement plus élevées avec l'application des conditions limitantes en eau (25 et 50% CC).

**Tableau 5:** Effet de la contrainte hydrique sur la teneur en éléments minéraux du palmier dattier après huit mois de culture.

	Contrainte hydrique appliquée (% CC)	J 1	J 2	J 3	P 1	P 2	BV1	BV 2	BV 3
<b>phosphore mg/g</b>	25	6,15b	6,1b	6,11b	8,34c	5,35b	4,03a	4,27a	4,05a
	50	5,4c	5,77c	5,87c	8,12d	4,73b	3,59a	3,46a	3,72a
	75	4,5ab	5,35b	5,12b	7,68c	4,6ab	3,51a	3,32a	3,41a
	100	3,97ab	4,54ab	5,02b	6,88c	4,25ab	3,24a	3,40a	3,24a
<b>Azote %</b>	25	12,6b	11,48b	11,49b	14,74b	11,77b	7,50a	5,80a	5,04a
	50	11,7c	11,38c	10,86c	13,23c	10,6c	7,02b	5,04ab	4,21a
	75	10,48bc	10,12bc	10,15ab	12,99c	9,18bc	6,90ab	3,92a	3,26a
	100	9,34d	8,72d	10,07d	12,73e	9,13d	6,09c	4,22b	2,75a
<b>Na+ mg/l</b>	25	106bc	111c	103,67bc	108,6c	91,67ab	93ab	85,66a	86,33a
	50	102,3c	108,67d	100,33c	117,66e	88,67ab	92b	83,66a	85a
	75	96,6bc	101,7c	91,33abc	111,33d	83,33a	88ab	81,33a	78a
	100	95b	94,33b	86a	105c	79,67a	79,66a	78,66a	77,6a
<b>K+ mg/l</b>	25	124,67bc	133,33c	133,33c	125,33bc	128,33c	101bc	81,66a	98bc
	50	115,7ab	135,33b	130ab	121ab	117,67ab	89,6a	89a	94ab
	75	110ab	133,67b	119ab	111,67ab	110,33ab	94a	80,33a	88,66a
	100	99,7a	119a	115,33a	104a	100,67a	84,33a	79,33a	85,66a
<b>Ca2+ mg/l</b>	25	52,66a	58,66a	45a	62,33a	50,66a	43,33a	47,33a	43a
	50	49,33a	60,67a	43a	56a	46,67a	37,6a	40,33a	52a
	75	47,33a	53a	41,33a	57,67a	42,33a	36a	41,33a	41a
	100	41,67a	43,33a	37a	55a	39a	30,6a	36,66a	36a

Pour chaque paramètre, les valeurs suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes  $P < 0,05$  (test de Newman et Keuls).

**Tableau 6:** Influence du stress hydrique sur les paramètres biochimiques du palmier dattier après huit mois de culture.

	Contrainte hydrique appliquée (% CC)	J1	J2	J3	P1	P2	BV1	BV2	BV3
<b>proline µg/gMF</b>	25	0,74ab	0,72ab	0,69ab	0,67ab	0,91b	0,67ab	0,62a	0,59a
	50	0,6a	0,75a	0,50a	0,64a	0,73a	0,61a	0,62a	0,53a
	75	0,60b	0,53ab	0,29a	0,45ab	0,52ab	0,49ab	0,44ab	0,33a
	100	0,55b	0,39ab	0,34a	0,26a	0,39ab	0,3a	0,27a	0,25a
<b>phénols µg/gMF</b>	25	0,45abc	0,51bc	0,46abc	0,41ab	0,57c	0,37ab	0,40ab	0,35a
	50	0,33a	0,33a	0,37a	0,33a	0,46a	0,33a	0,31a	0,31a
	75	0,31ab	0,28ab	0,34b	0,29ab	0,30ab	0,24a	0,25a	0,24a
	100	0,28a	0,25a	0,22a	0,24a	0,27a	0,21a	0,19a	0,15a
<b>sucres solubles mg/g MF</b>	25	0,66c	0,67c	0,62c	0,44b	0,78d	0,33.a	0,43b	0,47b
	50	0,56cd	0,48abc	0,44abc	0,36ab	0,64d	0,27a	0,33ab	0,4abc
	75	0,44b	0,39b	0,33b	0,19a	0,43b	0,23a	0,25a	0,19a
	100	0,19a	0,2a	0,23a	0,12a	0,33b	0,143a	0,15a	0,13a
<b>protéines mg/g MF</b>	25	11,95a	13,09a	13,48a	15,656a	13,19a	11a	6,45a	10,77a
	50	11,44b	12,4bc	11,99bc	14,16c	12,17bc	9,01a	9,11a	7,53a
	75	9,16ab	10,12ab	9,43ab	11,82b	9,48ab	8,26b	7,84b	5,75a
	100	7,83b	7,71b	6,8ab	10,49c	8,70bc	7,09ab	6,10ab	4,44a

Pour chaque paramètre, les valeurs suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes  $P < 0,05$  (test de Newman et Keuls).

L'application du stress hydrique a eu un effet négatif sur la croissance du palmier dattier, et plus le stress est intense plus les paramètres morphologiques de la plante sont réduits. Nemmar [24] et Moursi *et al.* [25] ont montré que la sécheresse réduit les paramètres morphologiques du blé et de fève, respectivement. En effet, la mycorhization a eu un effet significatif sur la croissance et le développement du palmier face aux stress hydriques. Une plante mycorhizée croît d'avantage, fructifie abondamment et surtout acquiert une meilleure résistance aux stress environnementaux [26-27] notamment au déficit hydrique [28]. Cependant, à l'application du stress hydrique de 25 et de 50% CC, les plantules du palmier ont les plus fortes valeurs du taux et de fréquence de mycorhization par rapport aux autres contraintes hydriques appliquées. D'autres études ont démontré le rôle des mycorhizes et leur aptitude à améliorer la tolérance du trèfle au stress hydrique dans les zones arides d'un milieu périurbain marocain [7].

Cependant, pour tous les paramètres étudiés, nous avons noté que chaque plantule du palmier répondait différemment vis-à-vis du type de sol testé. En effet, dans les sols du milieu urbain (les sites des boulevards), les résultats montrent une faible symbiose mycorhizienne par rapport aux sols des sites des jardins et des palmeraies. Dans une étude similaire, Bouamri *et al.* [2] ont rapporté que les fréquences de mycorhization et les intensités de colonisation sont faibles dans les racines du palmier dattier mycorhizées de la palmeraie de Tafilalet et que cela est due à la richesse de ces sols en phosphore assimilable et en azote. Ceci dit, cela pourrait être expliqué aussi par la pollution diffuse en métaux lourds, en éléments minéraux et en micropolluants dans les sites des boulevards. Cette pollution agit directement sur la production et la densité des spores et sur la richesse spécifique, qui diminue avec le temps [29].

Dans une étude sur la distribution des CMA dans les environnements arides, Jacobson [30] a trouvé que la disponibilité de l'humidité du sol influe significativement sur les populations des CMA et les taux de colonisation. La présence de la matière organique dans le sol augmente la capacité de rétention de l'eau par le sol [31] et par conséquent peut favoriser des conditions d'humidité pour les populations des CMA. Ceci pourrait expliquer les fortes fréquences et intensités de mycorhization dans la palmeraie P1 et les trois jardins au niveau du régime hydrique 100% CC. Par ailleurs, les croissances obtenues ont été améliorées et la mycorhization a eu un effet significatif sur la surface foliaire et sur la hauteur aérienne des plantules du palmier dattier des sites des jardins et des palmeraies et ceci quel que soit le régime d'arrosage. Ainsi, l'application des contraintes hydriques de 25% et de 50% CC réduit significativement les paramètres de croissance du palmier dattier qui s'accompagne par un accroissement significatif des teneurs en P, N, K et Na.

Des études similaires ont démontré que l'application du stress hydrique chez les plantes mycorhizées est une conséquence de l'accroissement des teneurs en éléments minéraux et surtout en phosphore [32-33].

Ainsi, les concentrations en P, N, K, proline, phénols, sucres solubles et protéines dans les tiges et les feuilles des plantes testées peuvent être liées à l'effet de la mycorhization. En effet, les champignons mycorhiziens mobilisent plus intensément les éléments en colonisant les racines des plantes hôtes [34]. Plusieurs auteurs ont signalé une amélioration de la nutrition azotée par les endomycorhizes [35-36]. La nutrition azotée a été améliorée dans les organes aériens des plantes mycorhizées (sites des jardins et des palmeraies) du palmier dattier par rapport à ceux moins mycorhizées du milieu urbain (sites des boulevards) (Tableau 5). Ces travaux sont similaires à ceux signalés chez des plantes mycorhizées et soumises à des conditions de stress hydriques [4, 37]. La teneur en phosphore est améliorée chez les plantes mycorhizées (jardins et palmeraies) soumises aux régimes de stress hydrique de 25 et 50% CC par rapport aux autres régimes imposés. Les travaux de Borie et Rubio [38] et Duponnois *et al.* [39] ont montré que l'absorption de P est améliorée chez les plantes mycorhizées et que ceci dépend de la plante et de l'isolat fongique [40]. Ainsi cette augmentation résulte du fait que l'association avec les CMA augmente la surface d'absorption du système racinaire de la plante grâce au réseau mycélien [41].

Des études menées sur l'osmorégulation indiquent que les acides aminés libres peuvent jouer un rôle significatif dans la tolérance du stress hydrique [42]. Lorsque la carence en eau du sol s'accroît,

l'accumulation de la proline augmente dans les parties aériennes du palmier dattier surtout dans le cas des régimes hydriques sévères (50 et 25% CC) (Tableau 6). La proline représente l'une des manifestations les plus remarquables des stress hydriques et osmotiques [43]. Par ailleurs, on signale un effet significatif des mycorhizes sur la teneur en proline chez les plantes les plus mycorhizées (les sites jardins et palmeraies) par rapport aux plantes moins mycorhizées du milieu urbain (les sites boulevards). Ces résultats sont en accord avec ceux obtenus par Goicoechea *et al.* [44] dans le cas de la mycorhization de la luzerne par le *Glomus fasciculatum* en conditions de stress hydrique.

Comparées aux plantules du palmier cultivées dans les sols prélevés des sites des boulevards, celles cultivées dans les sols des sites des jardins et des palmeraies produisent plus de sucres et de protéines dans leurs feuillages. Cette accumulation est significativement plus élevée chez les plantes soumises à la contrainte hydrique de 25% par rapport aux autres niveaux hydriques imposés (Tableau 6). Ainsi, on note que la mycorhization a eu un effet significatif sur la teneur en sucre et en protéines chez les plantules du palmier. Par ailleurs, ces teneurs sont plus faibles dans les plantes bien hydratées (100% et 75%) par rapport aux plantes plus stressées (50% et 25%). En effet, les sucres participent au maintien de la balance de la force osmotique pour garder la turgescence et le volume cytosolique aussi élevés que possible [45] et permettent également une préservation de l'intégrité membranaire des organes desséchés ainsi qu'une protection des protéines [46]. D'autant plus, les plantes bien mycorhizées peuvent augmenter l'accumulation des produits de la photosynthèse (sucres et protéines) [47] et améliorer leurs croissances et leurs résistances aux stress biotiques et abiotiques [48].

L'application du stress hydrique au palmier dattier se traduit par des modifications au niveau des teneurs en phénol au niveau des feuilles (Tableau 6). En effet, les plantes bien mycorhizées (sites des jardins) ayant subis un régime hydrique de 25% CC montrent une accumulation très importante des composés phénoliques par rapport aux autres sites étudiés. Des études similaires ont mentionné que ces composés phénoliques sont synthétisés en réponse au stress hydrique ou dans le cas d'autres stress biotiques et abiotiques [49-50].

## Conclusion

Ce présent travail a permis de montrer l'importance de la mycorhization sur la croissance et le développement du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) et sa capacité à tolérer la sécheresse. Cette étude montre que le palmier dattier, issu de huit sites d'étude dont six en milieu urbain (trois jardins et trois boulevards) et deux en milieu périurbain (deux palmeraies), présente différentes aptitudes à se développer et à résister aux diverses contraintes hydriques appliquées. Nos résultats indiquent que les mycorhizes stimulent la croissance, la nutrition minérale et la teneur en éléments biochimiques des plantes du palmier dattier des huit sites étudiés qui subissent les mêmes conditions de stress hydrique. Ces observations sont enregistrées au niveau des plantules du palmier des sols bien mycorhizés (sites des jardins et des palmeraies) par rapport aux sites des boulevards. Il semble donc exister une corrélation positive entre la symbiose mycorhizienne, la nutrition minérale, la teneur en éléments biochimiques et la croissance chez le palmier dattier. Ces résultats suggèrent que les CMA améliorent la capacité de cette plante à développer et à tolérer la sécheresse.

## Références

1. Zougari-Elwedi B., Sanaa M., Labidi S., Lounès-Haj Sahraoui A. *Etude et Gestion des Sols*. 19 (2012) 193-202.
2. Bouamri R., Dalpé Y., Serrini M.N., Bennani A. *African Journal of Biotechnology*. 5 (2006) 510-516.
3. Haddouch M. Bulletin de liaison du programme Nationale de Transfert de technologie en agriculture. 31(1997) 15.
4. Meddich A. *Thèse de Doctorat*, Université Cadi Ayyad de Marrakech (Maroc) (2001) 234 .
5. El Fakhri M., Mahboub S., Benckekroun M., Nsarellah N. *Nature et Technologie*. 3 (2010) 6-12.
6. Stutz J.C., Coperman R., Martin C.A., Morton J.B. *Can. J. Bot.* 78 (2000) 237-245.
7. Meddich A., Oihabi A., Abbas Y., Bizid E. *Agronomie*. 20 (2000) 283-295 283-295.
8. Al-Karaki G., McMichael B., Zak J. *Mycorrhiza*. 14 (2004) 263-269.
9. Boureima S., Diouf M., Diop T.A., Diatta M., Leye E.M., Ndiaye F., Seck D. *African Journal of Agricultural Research*. 3 (2008) 234-238.
10. Giri B., Kapoor R., Mukerji K.G. *Biol. Fertil. Soils*. 38 (2003) 170-175.
11. Habte M., Zhang Y.C., Schmitt D.P. *Can. J. Bot.* 77 (1999) 135-139.
12. Elachouri M. *Diplôme d'étude approfondie*, Faculté des Sciences de Tunis II (1993) 89.

13. Tobar R., Azcon R., Barea J.M. *New Phytol.* 126 (1994) 119-122.
14. Phillips J.M., Hayman D.S. *Trans. Brit. Mycol. Soc.* 55 (1970) 158-161.
15. Trouvelot A., Kouch J., Gianinazzi-pearson V. Les mycorhizes: Physiologie et génétique, INRA, Dijon (1986) 217-221.
16. Harvey R.M., Fox J.L. *J. Water Pollut. Control Fed.* 9 (1973) 1928-1938.
17. Barrs H. Determination of water deficit in plant tissues, New York, Academy Press (1968) 235-238.
18. Gerdman J.W., Nicolson T.H. *Trans. Br. Mycol. Soc.* 46 (1963) 235-244.
19. Brundrett M., Bougher H., Dell B., Grove T., Malajczuk N. *ACIAR Monograph.* 32 (1996) 374.
20. Estaun M.V. *Tesis Doctoral*, Facultad de Ciencias Universidad de Granada (1991) 139.
21. Singh T.N., Paleg L.G., Aspinall D. *Aust. J. Biol. Sci.* 26 (1973) p 45-56.
22. Dubois M., Gilles K.A., Hamilton J.K., Rebers P.A., Smith F. *Analytical Chemistry.* 28 (1956) 350-356.
23. Macheix J.J., Fleuriet A., Sarni-Manchado P. Les composés phénoliques dans la plante : structure, biosynthèse, répartition et rôles, Paris: Tec & Doc, Lavoisier, (2005).
24. Nemmar M. *Thèse de doctorat*, Ing. Montpellier (France) (1983) 126.
25. Moursi M.A., El Habbacha K.M., Shaheen A.M. *Field crop.* 32 (1979) 10.
26. Allen M.F., Boosalis M.G. *New Phytol.* 93 (1983). p 67-76.
27. Smith S.E., Read D.J. *Mycorrhizal symbiosis* (2e edition), Academic Press, New York, (1997) 605.
28. Ruiz-Lozano J.M., Azcon R. *Mycorrhiza.* 10 (2000) p 1-7.
29. Ortega-Larrocea M.P., Siebe C., Estrada A., Webster R. *Applied Soil Ecology.* 37 (2007) 129-138.
30. Jacobson K. *Journal of Arid Environment.* 35 (1997) p 59-75.
31. Brady N.C., Weil R.R. *The Nature and Properties of Soils* (11th Edn), New Jersey, U.S.A., Prentice-Hall, (1996) 739.
32. Waterer D.R., Coltman R.R. *Hortscience.* 4 (1989) p 688-690.
33. Lehto T. *New Phytol.* 122 (1992) 669-673.
34. Dodd J., Krikun, Hass J. *Israel Journal of Botanic.* 32 (1983) 10-21.
35. Barea J.M., El-Atrach F., Azcón R. Joint IAEA, FAO Division, Vienna (1991) p 677-808.
36. Ouahmane L., Hafidi M., Plenchette C., Kisa M., Boumezzough A., Thioulouse J., Duponnois R. *Appl. Soil Ecol.* 34 (2006) 190-199.
37. Manga A.G.B. *Thèse de Doctorat*, Université Cheikh Anta Diop de Dakar (Sénégal) (2005).
38. Borie F., Rubio R. *Journal of Plant Nutrition.* 22 (1999) 121-137.
39. Duponnois R., Paugy M., Thioulouse J., Masse D., Lepage M. *Geoderma.* 124 (2005) 349-361.
40. Koide A.G. *Journal of Experimental Botany.* 36 (1985) 1087-1098.
41. Plenchette C., Fardeau J.C. *C. R. Acad. Sci.* 4 (1988) 117-123.
42. Jones M.M., Osmond C.B., Turner N.C. *Aust. J. Plant Physiol.* 7 (1980) 193-205.
43. Kauss H. *Biochemistry of regulation, International Review of Biochemistry, II*, (1977) 119-139.
44. Goicoechea N., Szalai G., Antolin M.C., Sanchez-Diaz M. *Plant and soil.* 192 (1997) 261-268.
45. Bouzoubaa Z., El Mourid M., Karrou M., El Gharous M. *Manuel d'analyse chimique et biochimique des plantes*, Maroc, INRA (2001) 23.
46. Darbyshire B. *Plant Physiol.* 54 (1974) 717-721.
47. Subramanian K.S., Charest C. *Mycorrhiza.* 7 (1997) 25-32.
48. Ruiz-Lozano J.M., Azcon R. *Agric. Ecosyst. Environ.* 60 (1996) 175-181.
49. Rivero R.M., Ruiz-Lozano J.M., Garcia P.C., Lopez-Lefebvre L.R., Sanchez E., Romero L. *Plant science.* 160 (2001) 315-321.
50. Jaiti F., Kassami M., Meddich A., El Hadrami I. *Journal of Phytopathology.* 156 (2008) 641-646.