

Rôle des champignons mycorhiziens dans la tolérance du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) au déficit hydrique et à la fusariose vasculaire

Meddich¹ A., Jaiti² F., El Hadrami² I., Oihabi³ A., Bourzik¹ W. and Saaidi⁴ M.

¹ Wilaya Région Marrakech, Marrakech, Maroc

² Faculté des Sciences Semlalia, Marrakech, Maroc

³ FAO/UN Al Ahssa, Arabie Saoudite

⁴ Ex. Chercheur à l'INRA de Marrakech, Marrakech, Maroc

Résumé. Cette étude met en évidence l'importance des mycorhizes VA dans l'amélioration de la croissance des jeunes plants de palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) soumis à un déficit hydrique et/ou à l'attaque par *Fusarium oxysporum* fsp. *albedinis* (Foa). Après 17 semaines de mycorhization, les quatre isolats fongiques MVA utilisés se sont montrés infectieux et légèrement affectés par le dessèchement du sol. Quel que soit le régime hydrique imposé au sol, l'effet de la mycorhization s'est révélé positif vis-à-vis de la production de biomasse et l'amélioration des paramètres hydriques des plants dattiers. Les taux de mortalité chez les plantes de palmier infectées par Foa sont restés plus faibles chez les plantes mycorhizées que chez les plantes non mycorhizées et ce, au niveau des différents traitements hydriques du sol.

Mots clés : Mycorhizes, Sécheresse, Croissance des plantes, Palmier dattier, Foa.

Role of arbuscular mycorrhizal fungi on drought and vascular wilt tolerance in date palm (*Phoenix dactylifera* L.)

Summary. This study demonstrates the importance of VA mycorrhiza to increase growth and tolerance of young date palms (*Phoenix dactylifera* L.) submitted to drought and/or to attacks by *Fusarium oxysporum* f. sp. *Albedins* (Foa), the agent causing the bayoud disease. After 17 weeks of mycorrhization the four arbuscular mycorrhizal fungal used appeared infectious and slightly affected by the drought. The effect of mycorrhization on the biomass production and the improvement of water parameters occurred for the isolate of Aoufous region and *Glomus* sp. regardless of the level of water deficit in the soil. The death rates at the plants of date palm infected by Foa remained lower for mycorrhized plants than non-mycorrhized ones.

Key words : Fungi, Mycorrhiza, Drought, Date palm, Growth

Introduction

Durant la dernière décennie, la sécheresse, la salinité et la fusariose vasculaire ont causé de sérieux préjudices aux palmeraies marocaines limitant étroitement les rendements agricoles dans ces zones. En effet, le déficit hydrique représente une contrainte majeure qui a été accentuée par la rareté des pluies et par la baisse du niveau des nappes phréatiques et des barrages. De même, le Bayoud qui est une maladie vasculaire spécifique du palmier dattier a causé d'énormes pertes au niveau de nos palmeraies et provoqué l'exode rural des populations locales vers les centres urbains. A cet effet, le développement de pratiques culturales, qui viseraient à stimuler, chez les plantes cultivées dans ces régions, des mécanismes de résistance aux contraintes biotiques et abiotiques devient donc une nécessité. Pour lutter contre la maladie du Bayoud. Plusieurs méthodes ont été utilisées à savoir les mesures prophylactiques, la désinfection des sols, la protection chimique, la lutte microbiologique et la lutte génétique. Seules les méthodes classiques de sélection génétique et les techniques de micropropagation in

in vitro semblent donner des résultats prometteurs sur le terrain (Louvet, 1991 ; Sedra et al., 1996). Actuellement, d'autres axes de recherche sont développés, qui visent l'induction des mécanismes de résistance via l'utilisation d'agents de biocontrôle. L'utilisation de champignons mycorhiziens résistants aux contraintes hydriques et capables d'aider les plantes, auxquelles ils sont associés, à tolérer les conditions climatiques défavorables est l'un des moyens biologiques les plus prometteurs. Dans nos travaux antérieurs (Oihabi et Meddich, 1996 et Meddich et al., 2000) nous avons sélectionné des champignons symbiotiques (complexe Aoufous et *Glomus* sélectionnés) aptes à améliorer la tolérance au stress hydrique des cultures sous-jacentes au palmier dattier telles que le trèfle et l'orge. L'objectif de ce travail porte ainsi sur l'effet de ces isolats fongiques sur la tolérance du palmier dattier au déficit hydrique et à la fusariose vasculaire afin de sélectionner les souches autochtones de champignons mycorhiziens les plus efficaces.

Matériel et méthodes

Les échantillons de sols à partir desquels les champignons mycorhiziens ont été obtenus, après piégeage et multiplication sur plante hôte, se présentent comme suit : le complexe Aoufous provenant de la palmeraie de Tafilalet ; le *Glomus monosporus* souche de référence provenant de l'INRA de Dijon France (Dr. Plenchette) et les *Glomus Clarum* et *Deserticola* souches sélectionnées provenant du Laboratoire de Biotechnologie de l'Université de Yaoundé au Cameroun (Dr. Nwaga / Prof. El Hadrami). Des plants d'orge (*Hordeum vulgare*), âgés d'une semaine, sont repiqués dans des pots en plastique contenant les sols renfermant les différents champignons précités. Après 3 mois de culture, les racines d'orge ainsi mycorhizées constituent l'inoculum mycorhizien qui sera utilisé pour l'inoculation du palmier dattier. Les cultures du palmier dattier ont été réalisées dans des seaux noirs en plastique de 5 litres ayant un diamètre intérieur de 16 cm et une hauteur de 20 cm. Les jeunes plantules de palmier dattier issues de la germination des graines de la variété Bouffegouss ont été préparées et repiquées à l'âge de 2 mois à raison de 6 plantes par seau contenant chacun 4kg de mélange sable-tourbe (2:1 v/v, préalablement stérilisé pendant 3 heures à 180 °C). L'inoculation par les champignons symbiotiques a été effectuée par un apport de 2,8 g (MF) de racines d'orge mycorhizées à proximité du système racinaire de chaque plantule du palmier. La méthode utilisée pour l'application des différents régimes hydriques est celle décrite par Meddich et al. (2000). Les niveaux hydriques sont appliqués au moment du repiquage des plants de palmier mycorhizés. Pour la fertilisation du sol, un apport hebdomadaire de 30 ml de la solution nutritive Long Ashton modifiée a été effectué pour tous les traitements. Les seaux ont ensuite été placés dans une serre en plastique transparent de 29°C de température moyenne et 61,75% d'humidité relative moyenne. Cinq traitements fongiques (témoin non inoculé, Complexe Aoufous, *Glomus monosporus*, *Glomus clarum* et *Glomus deserticola*) et quatre traitements hydriques (100%, 75%, 50% et 25% de la capacité au champ) ont été utilisés. La combinaison de chaque traitement hydrique et fongique est composée de 10 répétitions de six plantes. Ainsi, 1200 plants sont utilisés à raison de 240 pour chaque combinaison. Le champignon pathogène *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis*, (Foa) utilisé est l'isolat agressif "Zag" qui a été isolé à partir de rachis de palmes infectées prélevées sur des arbres atteints de Bayoud dans la palmeraie de Drâa (El Idrissi-Tourane et al., 1995). Sa conservation a été réalisée sur sable et son pouvoir pathogène est confirmé régulièrement par infection des jeunes plantes issues de semis du cultivar JHL sensible au Bayoud. L'inoculum est constitué par une suspension de spores obtenue par lavages successifs à l'eau distillée stérile d'une culture gélosée de Foa âgés de 10 jours (Oihabi, 1991). Quatre mois après l'installation de la mycorhization, l'inoculation

des plantes par l'isolat Zag (Foa) est apportée sous forme d'une suspension de spores à la concentration 2.106 spores/ml contre les racines des jeunes plantes déterrées à raison de 5 ml par plante. Après 17 semaines de mycorhization, des prélèvements de seize plantes par traitement ont été effectués, pour évaluer l'effet de la contrainte hydrique sur la croissance des champignons MA et de leur plante hôte. Les racines de palmier sont traitées et colorées au bleu trypan à 0.01% dans du lactoglycérol (Phillips et Hayman, 1970). L'examen de l'état de la mycorhization du système racinaire et le développement des champignons MA a été réalisé selon la méthode décrite par Trouvelot et al. (1986). La réponse des plantes de palmier 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. La masse sèche est mesurée après séchage à l'étuve à 105°C pendant 24 heures. La teneur relative en eau (T.R.E.) a été déterminée sur 10 disques foliaires par la formule suivante : $TRE \% = (MF-MS/MFsat-MS) \times 100$. La résistance des stomates a été déterminée sur des échantillons foliaires bien développés à l'aide d'un poromètre (LI-1600). Le nombre de jeunes plants morts atteints par le bayoud est enregistré toutes les semaines pendant les quatre mois d'infection par Foa. La présence du pathogène dans les tissus a été confirmée par des isollements microbiologiques effectués sur les racines des plantes mortes. Tous les résultats ont été analysés statistiquement avec le logiciel STAT-ITCF. L'étude comprend une analyse de variance suivie du test de Newman et Keuls au seuil de 5%.

Résultats et discussion

La fréquence d'infection des racines du palmier par les champignons MA est légèrement affectée par la déficience en eau du sol pendant les 17 semaines de culture (Figure 1A). Pour les quatre traitements hydriques appliqués au sol, la fréquence de mycorhization est restée élevée (> à 47%) et ce quel que soit l'isolat fongique testé. Tandis que l'intensité de colonisation des racines de palmier par les différents champignons MA est restée faible et ne dépasse pas les 45% et ce quel que soit le traitement hydrique ou fongique utilisé (Figure 1B). Dans nos travaux antérieurs (Meddich et al., 2000), nous avons noté une réduction des paramètres d'infection et de colonisation chez les racines de trèfle soumises à un déficit hydrique et mycorhizées par les mêmes champignons testés (complexe Aoufous et *Glomus monosporus*).

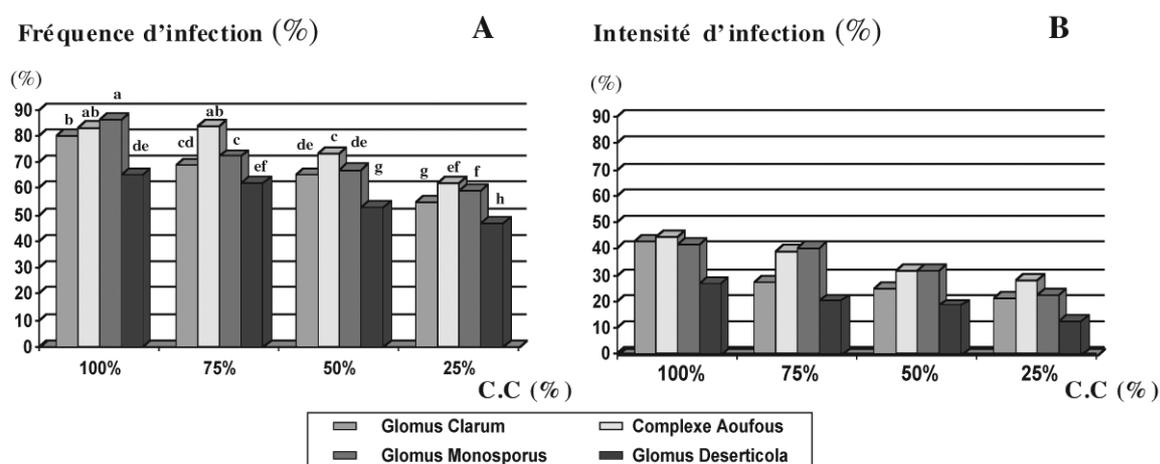


Figure 1 : Effet de la contrainte hydrique sur la fréquence d'infection (A) et l'intensité de colonisation (B) des racines de palmier, après 17 semaines de culture (les valeurs suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil P < 0,05)

L'étude de la vitesse d'apparition des feuilles en fonction de la mycorhization sur l'ensemble des traitements hydriques a montré que l'infection du palmier par les champignons MA testés permet la formation d'un nombre de feuilles significativement supérieur à celui produit par les plantes non mycorhizées (Figure 2A). La mycorhization a eu aussi comme effet d'accroître la surface foliaire du palmier après 17 semaines de mycorhization (Figure 2B). De même, il a été relevé la stimulation de la hauteur de la partie aérienne des plants dattiers mycorhizés. Les plants de palmier inoculés par le complexe Aoufous, le *Glomus monosporus* et le *Glomus clarum* ont montré une amélioration significative de leur allongement aérien par rapport aux plants témoins ou ceux mycorhizés par le *Glomus deserticola* (Figure 2C).

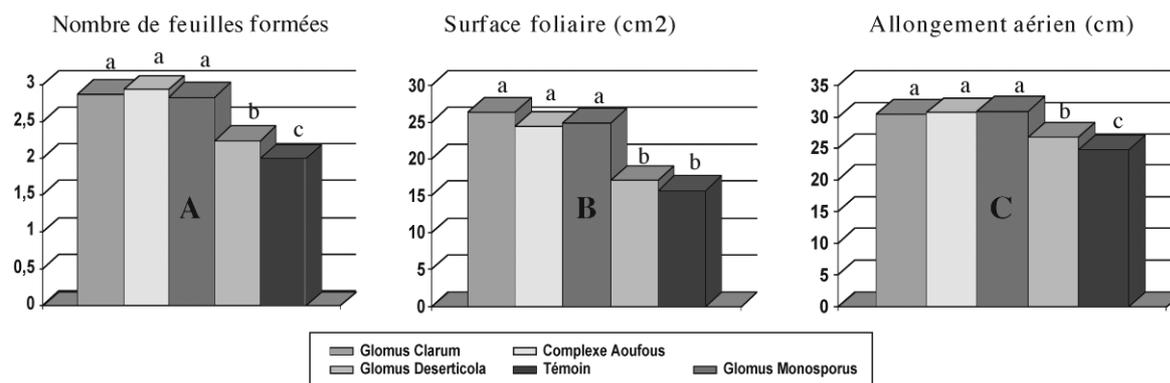


Figure 2 : Effet de la mycorhization sur le nombre de feuilles formées (A), la surface foliaire (B) et l'allongement aérien (C) chez le palmier dattier après 17 semaines de culture (les valeurs suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil $P < 0,05$ (Moyenne calculée par traitement fongique))

La production de la matière sèche aérienne est accrue de manière significative par la colonisation du palmier par les différents champignons mycorhiziens, et ce, quelles que soient les conditions d'alimentation en eau favorables (100 % CC) ou limitantes (25 % CC) (Tableau 1). C'est ainsi que les plants mycorhizés par le complexe Aoufous et le *Glomus Clarum* ont montré une masse aérienne sèche 2 fois plus importante que celle du témoin face aux régimes hydriques de 100 % et 25 % de la capacité au champ. Des réponses analogues ont été relevées dans le cas du trèfle, de l'orge et des jeunes plantules du palmier dattier mycorhizées pour une durée de 9 semaines de culture (Meddich et al., 2004). Par ailleurs et sur l'ensemble des traitements hydriques appliqués, les jeunes plantules du palmier mycorhizées maintiennent une importante teneur relative en eau au niveau de leur partie aérienne. Lorsque le déficit en eau du sol s'accroît (25% C.C), la résistance des stomates augmente significativement chez les plantes non mycorhizées par rapport aux plantes mycorhizées par les isolats fongiques testés (Tableau I). La valeur de cette résistance est de l'ordre de 3,26 s/cm chez les plants témoins et elle est seulement de 2,00 s/cm et 2,19 s/cm chez les plants colonisés respectivement par le complexe Aoufous et le *Glomus monosporus*. La faible résistance des stomates chez les plantes mycorhizées pourrait améliorer la fixation de CO_2 au niveau du mésophylle, ce qui contribue par voie de conséquence à une nette augmentation de la photosynthèse de la plante (Lawlor, 1987). Les symptômes typiques d'attaque par l'agent pathogène *Foa* correspondent à un enroulement suivi d'un dessèchement des feuilles des jeunes plantules avec la présence d'un brunissement localisé au niveau des racines attaquées. Le taux de mortalité chez les plantes de palmier infectées par *Foa* sont restés plus faibles chez les plantes mycorhizées (11 à 22%) que chez les plantes non mycorhizées (55 à 77%) après 15 semaines d'infection par *Foa*, et ce, au niveau des quatre traitements hydriques du sol (100%, 75%, 50% ou 25% C.C.) (Tableau 1). Cet effet protecteur des plants dattiers mycorhizés pourrait être lié à l'amélioration de la

nutrition phosphatée, des taux élevés de lignine et de subérine de la paroi des racines ou encore au synthèse intense de phytoalexine, substance antifongique limitant la progression et le développement de l'agent pathogène (Oihabi,1991).

Tableau 1. Effet de la mycorhization et du stress hydrique sur les paramètres de croissance et hydrique du palmier témoin et mycorhizé après 17 semaines de culture

Paramètres	Traitements	100% C.C	75% C.C	50% C.C	25% C.C
MS (g)	Complexe	1,20b	1,23b	1,03bc	0,97cd
	Aoufous	0,94cd	1,01bc	1,11bc	0,71e
	Glomus	1,20b	1,40a	1,12bc	0,95cd
	monosporus	0,78de	1,06bc	0,92cd	0,42f
	Glomus clarum	0,56f	0,74e	0,46f	0,40f
	Glomus				
T.R.E. (%)	deserticola	67,32a	68,35a	74,24a	82,44a
	Témoin	72,49a	70,00a	73,08a	78,20a
		58,82a	62,48a	64,76a	78,33a
	Complexe	36,96a	48,72a	58,58a	57,53a
	Aoufous	46,11a	64,24a	64,81a	58,06a
	Glomus				
R (s/cm)	monosporus	2,77abc	2,51abc	2,39abc	2,00c
	Glomus clarum	2,99ab	2,48abc	2,82abc	2,19bc
	Glomus	2,21bc	2,49abc	2,86abc	2,54abc
	deserticola	2,67abc	2,45abc	2,93ab	2,86abc
	Témoin	2,34bc	2,43abc	2,85abc	3,26a
TM (%)	Complexe	11,11d	11,11d	11,11d	16,66d
	Aoufous	16,66d	11,11d	11,11d	11,11d
	Glomus	16,66d	22,22d	22,22d	22,22d
	monosporus	50,00c	55,55bc	61,11b	61,11b
	Glomus clarum	61,11b	55,55bc	72,22a	77,77a
	Glomus				
	deserticola				
	Témoin				
	Complexe				
	Aoufous				
	Glomus				
	monosporus				
Glomus clarum					
Glomus					
deserticola					
Témoin					

MS : Poids sec aérien ; TRE : Teneur Relative en eau ; R : résistance des stomates ; TM : Taux de mortalité des plants infectés par *Foa* après 4 mois d'infection.

Les valeurs suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil $P < 0,05$ et pour les quatre capacités au champ (CC) imposées au sol (test de Newman et Keuls).

Conclusion

De cette étude, il ressort qu'après 17 semaines de mycorhization, le complexe Aoufous et les *Glomus clarum* et *monosporus* ont montré une bonne aptitude à infecter et à coloniser les racines du palmier par rapport au *Glomus Deserticola*. L'application d'une contrainte hydrique sévère a légèrement affecté les paramètres d'infectivité de ces isolats fongiques. Les plantes non mycorhizées se sont montrées plus sensibles aux variations du régime hydrique du sol que les plantes mycorhizées. La mycorhization permet une bonne croissance des plantes de palmier. Ainsi l'inoculation par le complexe d'Aoufous et les *Glomus clarum* et *monosporus* sélectionnés a permis une augmentation du nombre de feuilles formées, de la surface foliaire et de l'accroissement de la hauteur de la plante, sur l'ensemble des traitements hydriques. De même, les productions en matière sèche sont améliorées par rapport aux plantes témoins. Les plantes mycorhizées ont présenté de faibles résistances des stomates comparées aux plantes témoins lors du développement de la contrainte hydrique sévère (25% C.C.). Il est également intéressant de noter que les souches indigènes (complexe d'Aoufous) se sont montrées efficaces dans l'amélioration de la tolérance de la plante hôte au stress hydrique. De tels isolats fongiques autochtones et adaptés aux conditions défavorables pourraient constituer un moyen biologique efficace pour améliorer la résistance à la sécheresse des plantes vivant continuellement sous stress hydrique accru. Par ailleurs, quel que soit le régime hydrique imposé au sol, les plants dattiers témoins inoculés uniquement par *Foa* ont présenté des taux de mortalité plus élevés que ceux des plants dattiers inoculés par le même champignon pathogène *Foa* mais additionnés au préalable de champignons mycorhiziens, excepté *Glomus deserticola*, au niveau de leur substrat de culture. Ce qui a révélé clairement le rôle protecteur des champignons mycorhiziens vis-à-vis des attaques par *Foa*. C'est ainsi que l'utilisation de la mycorhization pourrait être une composante intégrante dans les programmes d'amélioration de la résistance du palmier dattier aux contraintes biotiques et abiotiques.

Remerciements

Ce travail a été réalisé à la pépinière de la Commune Urbaine de Marrakech et à la Faculté des Sciences Semlalia de Marrakech. Les auteurs expriment leur reconnaissance à la Fondation Internationale pour la Science (FIS) pour son soutien financier (Meddich D/3496-1).

Références bibliographiques

- El Idrissi-Tourane A., Oihabi A. et El Hadrami I. 1995. Effet des polyamines et des inhibiteurs de leur biosynthèse sur la croissance mycélienne de *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis*, agent causal du Bayoud. *Revue du Réseau d'Amélioration de Production Agricole en Milieu Aride*, 7 241-247.
- Lawlor DW. 1987. Stress metabolism: its implication in breeding programmes. *Drought tolerance in winter cereals*, (Eds.). Srivastava JP., Porceddu E. Acevedo E. and Varma S. ICARDA, 227-240.
- Louvet J. 1991. Que devons-nous faire pour lutter contre le Bayoud ? *Physiologie des Arbres en Zones Arides et Semi-Arides*, Groupe d'Etudes d'Arbres, Paris, France, 337-346.

Meddich A., Oihabi A., Abbass Y. et Bizid E. 2000. Rôle des champignons mycorhiziens à arbuscules de zones arides dans la résistance du trèfle (*Trifolium alexandrinum* L.) au déficit hydrique. *Agronomie*, 20, 283-295.

Meddich A., Oihabi A., Bizid E. et El hadrami I. 2004. Rôle des champignons mycorhiziens dans la tolérance du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) au déficit hydrique. *Revue des Régions Arides*. 2 : 640-646.

Oihabi A. 1991. Effet des endomycorhizes V.A sur la croissance et la nutrition minérale du palmier dattier. Thèse de Doctorat d'Etat, Faculté des Sciences Semlalia de Marrakech.

Oihabi A., Meddich A. 1996. Effet des mycorhizes à arbuscules sur la croissance et la composition minérale du trèfle (*Trifolium alexandrinum*), *Cahiers Agriculture*, 5, 382-386.

Phillips JM. and Hayman DS. 1970. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection, *Trans. Brit. Mycol. Soc*, 55, 158-161.

Sedra MH. El Filali H., Nour S., Boussak Z., Benzine A. et Allaoui M. 1996. La palmeraie dattière marocaine : évaluation du patrimoine phoenecicole. *Fruits*, 51 (4) 247-259.

Trouvelot A., Kouch J. et Gianinazzi-Pearson V. 1986. Mesure du taux de mycorhization VA d'un système racinaire : Recherche de méthodes d'estimation ayant une signification fonctionnelle. *Les mycorhizes : Physiologie et Génétique*, 1er Séminaire Européen sur les mycorhizes, Dijon, (Eds.), Gianinazzi S, INRA, Paris, 217-221.

