

Article

Essai de lutte biologique *in situ* contre le Bayoud (*Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis*) du palmier dattier en utilisant le champignon antagoniste *Trichoderma harzianum*

Ibrahim E. Benzohra^{1*}, Hakima Belaidi², Mohamed Mégateli¹, Kaltoum Djillali¹, Boualem Boumaaza³, Souad Makhloufi¹ et Sliman Benouis¹

1. Station Expérimentale du Milieu Biophysique de Naama, Division de Phoeniciculture, Centre de Recherche Scientifique et Technique sur les Régions Arides (C.R.S.T.R.A.), Biskra.
2. Laboratoire Ecodéveloppement des Espaces, Département des Sciences de l'Environnement, Université Djillali Liabès de Sidi Bel Abbès.
3. Département d'Agronomie, Université Ibn Khaldoun de Tiaret, B.P. 78 Zaaroura, 14000 Tiaret.

* Correspondance: ibrahimelkhalil@live.fr ; Benzoahbrahime@gmail.com

Received: 21 February 2023
Accepted: 16 June 2023

Citation: Benzohra, I.E.; Belaidi, H.; Mégateli, M.; Djillali, K.; Boumaaza, B.; Makhloufi, S.; Benouis, S. Lutte biologique *in situ* contre le Bayoud (*Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis*), du palmier dattier en utilisant du champignon antagoniste *Trichoderma harzianum*. *Journal Algérien des Régions Arides* 2023, 16 (1) : 59–67.

Publisher's Note: ASJP is an electronic publishing platform for Algerian scientific journals managed by CERIST, that is not responsible for the quality of content posted on ASJP.



Copyright: © 2023 by the CRSTRA. Algerian Journal of Arid Regions is licensed under a Creative Commons Attribution Non Commercial 4.0 (CC BY NC) license.

Résumé : Dans cette étude, on a effectué un test de lutte biologique *in situ* sur l'incidence et l'agressivité de la maladie de Bayoud du palmier dattier causé par le champignon tellurique *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis* (Foa). Ces tests ont été réalisés en utilisant de la souche de Foa, l'espèce fongique antagoniste appelée *Trichoderma harzianum* et 09 variétés locales du palmier dattier. Dans ce test *in situ*, toute la gamme de variétés inoculées a été protégée en présence de l'antagoniste *T. harzianum*, par la réduction du taux de mortalité (TM%) des plantes inoculées par le Bayoud, où on a pu protéger 8 variétés (Feggous, Toudent, Azraza, Deglet Nour, H'mira, Hartan, Sbaa Soltan et Tanboucht). Cette réduction a arrivé pour donner TM% jusqu'à 0% comme le cas des variétés : Feggous, Toudent, Azarza, Hmira, Hartan, et Sbaa Soltan, et sauf la variété 'Figuig' qui a montré une sensibilité vis-à-vis des souches de Foa et ce champignon endophyte n'a pas pu de la protéger.

Keywords: Bayoud; *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis*; palmier dattier; lutte biologique; *Trichoderma harzianum*.

1. Introduction

Les champignons endophytes sont extrêmement ubiquitaires, en fait, il a été démontré que la quasi totalité des espèces végétales dans les écosystèmes naturels –si ce n'est pas la totalité- hébergent des champignons endophytes [1]. Les meilleurs hôtes étudiés sont des plantes cultivées, des arbres forestiers et des arbustes ainsi que des membres de la famille des *Ericaceae*. En outre, quelques familles de plantes montrent une relation proche avec leurs endophytes associés, tels que les *Orchidaceae* [2], et d'autres familles de la classe des monocotylédones comme le palmier dattier [3]. La recherche sur les champignons

endophytes date des travaux de Petrini, (1986) et depuis, plusieurs aspects concernant leur biologie ont été étudiés, y compris la diversité taxonomique, la reproduction, l'écologie et les effets sur leurs hôtes [4].

Les microorganismes endophytes jouent un rôle important dans les systèmes écologiques en façonnant les communautés végétales et en médiatisant les interactions écologiques [5]. Ils peuvent aussi fournir plusieurs bénéfices aux plantes tels que la protection contre les maladies [6,7], la production de métabolites secondaires efficaces contre les agents pathogènes de l'hôte [8], la protection contre des insectes ravageurs [9,10] et la résistance aux herbivores [11].

Le palmier dattier, une plante endémique de ces contrées, constitue un modèle pour isoler des souches fongiques endophytes productrices de métabolites secondaires stables [3].

Dans cette étude, le but de voir et de déterminer l'effet *in situ* du champignon du sol antagoniste *Trichoderma harzianum* par sur l'incidence et l'agressivité de la maladie de Bayoud en inoculant des plantules appartenant à neuf cultivars locaux du palmier dattier d'origines différentes.

2. Matériels et Méthodes

2.1. Souches de *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis* (Foa)

Pour le but épidémiologique afin de voir la progression et l'extension du Bayoud avec la détermination de différents facteurs qui jouent un rôle important pour contaminer les palmeraies, et le but de collecter des souches de Foa, quatre missions de sortie sur terrain ont été effectuées durant la période 2015-2018 dans les régions Béchar, Adrar, Timimoune et Ghardaïa. Les souches de Foa sont obtenues par le protocole d'isolement suivant :

Les rachis contenant les symptômes typiques de Bayoud contiennent non seulement l'agent pathogène, mais aussi des champignons saprophytes qui peuvent compliquer et bloquer l'opération de l'isolement du parasite à étudier [12]. Les échantillons sont fragmentés en des petits fragments de 10-15 mm de longueur nettoyés superficiellement à l'aide d'un coton imbibé d'alcool à 96%. Ils sont ensuite désinfectés pendant 5 minutes par une solution d'hypochlorite de sodium à 2%, puis rincés trois (3) fois successives avec l'eau distillée stérile. Après le rinçage, on met les fragments rincés dans un papier de Josef stérile pour les sécher. Après le séchage, à la température ambiante, on dépose ces fragments aseptiquement sur un milieu de culture PDA à raison de quatre à cinq (4-5) fragments par boîte de Pétri (Figure 23).

L'ensemble de ces fragments déposés est mis à incuber à $20\pm 1^\circ\text{C}$, pendant sept (07) jours, plusieurs repiquages sont effectués afin d'obtenir des souches pures. Les boîtes sont observées quotidiennement et les colonies intéressantes sont repiquées.

2.2. Souche de l'antagoniste *Trichoderma harzianum*

La souche de *Trichoderma harzianum* (Laboratoire Lpv-Mostaganem 2018), ont été fournies par le Laboratoire de Protection des Végétaux (LPV) de l'Université de Mostaganem.

2.3. Cultivars du palmier dattier

Pour le matériel végétal utilisé, 09 cultivars du palmier dattier issus du semis direct dans des pots. Les plantules prêtes à inoculer du stade 2-4 feuilles, ont besoin d'un temps de 02-03 mois pour arriver à ce stade (Tableau 01).

Tableau 1 : Noms et provenances des cultivars du palmier dattier utilisés.

Cultivars	Origines
Feggous, Figuig, Sbaa Soltan, H'mira, Hartan	Saoura (Béchar)
Touident, Azarza	M'zab (Ghardaïa)
Deglet Nour, Tanboucht	Ziban (Biskra) & Oued Righ (Touggourt)

2.4. Milieu de culture

Le milieu de culture PDA (Potato Dextrose Agar), est le milieu usuel de culture pour la plupart des champignons, sa composition est : 1000ml eau distillée, 20g Agar-Agar, 20g Glucose, pH= 5,8 [12].

2.5. Test de lutte biologique *in situ*

Pour obtenir les plantules du palmier dattier à inoculer avec le Foa, les étapes suivantes ont été réalisées (Figure 01):

- ✓ Prenez un récipient quelconque : assiette creuse, coupelle, bol, ou boîte de Pétri
- ✓ Disposez au fond une couche de coton et humidifiez-le bien,
- ✓ Étalez les graines bien nettoyées sur la face postérieure sur le coton.
- ✓ Laissez le tout à une température ambiante idéalement comprise entre 20 et 25 °C.
- ✓ Surveillez chaque jour l'humidité et ajustez-la au besoin. Un vaporisateur est idéal à cet effet, car le coton doit rester juste humide :
- ✓ Au bout de 20 jours, les premières graines sont germées.

Après cette étape, on fait la plantation des graines germées comme suivant :

- ✓ On enlève les graines germées pour les semer dans des pots contenant la tourbe stérile.
- ✓ On irrigue chaque 48 heures par l'eau de robinet jusqu'à où les plantules arrivent au stade 2-4 feuilles (Figure 03).



Figure 1: Plantules du palmier dattier. A : Prégermination des graines ; B : Plantules âgées de 2-3 mois (stade 2-4 feuilles).

2.6. Préparation de l'inoculum

Les cultures des souches de Foa et de l'antagoniste sont inondées avec de l'eau distillée stérile puis grattées avec une spatule de verre stérile. La suspension de spores obtenue est ajustée à 5×10^3 spores/ml à l'aide d'une cellule de Malassez [13]. Tous les isolats utilisés dans cette étude proviennent d'une culture monospore.

2.7. Test d'inoculation

Ce test consiste à arroser les racines des plantules ont stade 2-4 feuilles, cultivées dans des petits pots de 07 cm × 10 cm, avec une suspension de volume à 15ml et de concentration à 5×10^3 conidies/ml [13]. Le dispositif expérimental choisi est en blocs, avec 4 répétitions pour chaque plante des variétés à inoculer, mélange 'Foa+antagoniste' pour les traités, et 'Foa' en seul pour le témoin.

Pour évaluer le développement de la maldie sur les plantules des cultivars du palmier dattier à tester, on calcule du taux de mortalité (TM%), [15]. Ce taux est calculé par la fromule suivante :

$$TM(\%) = \frac{\text{Nombre de plantes mortes}}{\text{Nombre total de plantes testées}} \times 100$$

A l'aide de cette formule, on peut déterminer les variétés sensibles et résistantes comme suit :

- ✓ **R** : Variété Résistante (0%) ;
- ✓ **T** : Variété Tolérante (1-15%) ; [15]
- ✓ **S** : Variété Sensible (16-50%) ;
- ✓ **TS** : Variété Très Sensible (51-100%).

2.8. Analyse statistique

Le dispositif utilisé est une randomisation totale unifactorielle et comparaison non paramétrique de K échantillons. L'étude de la signification est effectuée avec le test de Kruskal-Wallis à 5% ($P < 0.05$). L'analyse a été faite à l'aide du logiciel XLStat 2021.04, (AddinSoft, Etats-Unis). L'étude de la signification est effectuée avec le test de Kruskal-Wallis à 5% ($P < 0.05$). Le facteur étudié est l'antagonisme, l'observation X_i est les souches de Foa et l'unité expérimentale est le taux de mortalité des plantes.

3. Résultats

Différences significatives ($P < 0,05$) ont été enregistrées dans le test de lutte biologique *in situ* par l'utilisation de *T. harzianum* sur neuf cultivars du palmier dattier par rapport au témoin (plantes inoculées avec Foa sans antagoniste). La notation des symptômes sur les plantules inoculées de variétés testées s'est basée sur le calcul de la période d'incubation qui se définit par le nombre de jours écoulés entre l'inoculation et l'apparition des premiers symptômes (Sedra, 2005a) [13]. Après la notation, la réaction des plantes des variétés du palmier dattier inoculées (Foa & Foa+antgoniste), a été évaluée par le calcul du taux de mortalité (TM%), et par lequel on peut classer les variétés comme résistantes (R), sensibles (S), et très sensibles (TS), (Figure 02 ; Tableau 02).

Les résultats obtenus ont montré que la période d'incubation varie entre 29 et 70 jours selon la variété testée. Pour la période d'incubation égale à 70, elle représente le nombre maximum de jours pour les variétés résistantes où leurs plantes ne présentent aucun symptôme de maladie. C'est le cas de la variété : Tanboucht. Les variétés sensibles ont présenté des valeurs de période d'incubation qui varient entre 29 et 50 jours (Tableau 02).

Le taux de mortalité sur les plantes des variétés inoculées en présence de l'antagoniste est toujours 0% pour sept variétés testées, 15% pour 'Deglet Nour', et seulement une variété (Figuig) qui reste toujours sensible avec un taux de mortalité

de 50% (Tableau 02). Le taux de mortalité global pour le témoin (L'inoculum de Foa en seul) est de 47,9%, tandis que ce taux pour les traités (Inoculum : Foa+antagoniste), est de 7,2%. A partir de ces deux valeurs, on peut dire que ce champignon tellurique a réduit le taux de mortalité plus de cinq (5) fois par rapport au témoin (Tableau 02).

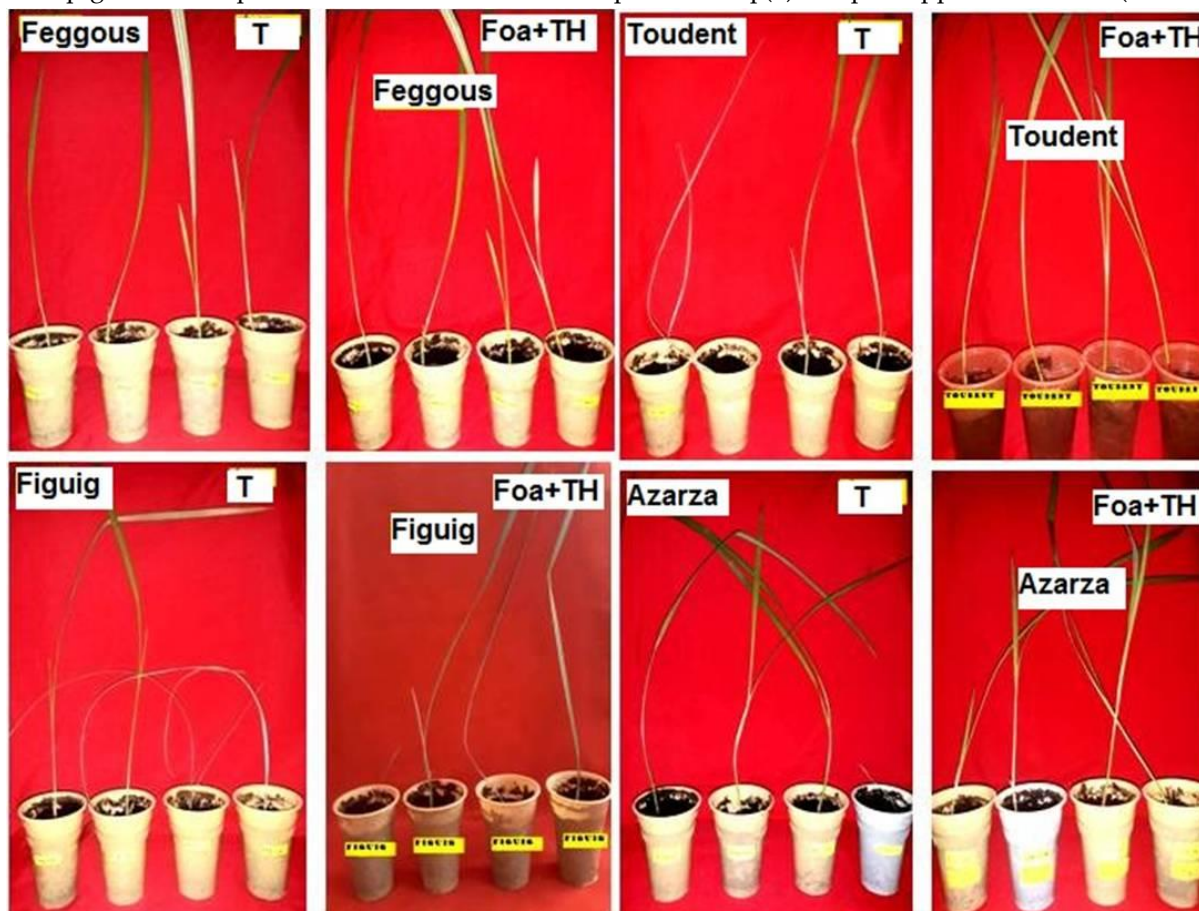


Figure 2: Réaction des plantules du palmier dattier vis-à-vis de Bayoud en présence/absence de *T. harzianum*.

Tableau 2: Effet du champignon endophyte *Trichoderma harzianum* sur l'incidence et l'agressivité de Bayoud sur 14 variétés de palmier dattier.

Cultivars du palmier dattier	Période d'incubation (jours)	Lutte biologique <i>in situ</i>				F	ddl	P
		Taux de mortalité (%)		Réaction				
		Témoin	Traité	Témoin	Traité			
Feggous	59	12,5b	0a	T	R	123,04*	35	0,0001
Figuig	32	68,7c	50c	TS	S			
Toudent	37	43,75bc	0a	S	R			
Azarza	38	43,75bc	0a	S	R			
Deglet Nour	35	68,75c	15b	TS	T			
H'mira	40	25b	0a	S	R			
Hartan	50	25b	0a	S	R			
Sbaa Soltan	29	100d	0a	TS	R			
Tanboucht	70	43,75bc	0a	S	R			
Taux de mortalité global (%)		47,9 %	7,2 %	C.V. (%) = 19,5%				

Foa : *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis* ; **F** : F calculé ou critique ; **S1, S2, .. S20** : Isolats de Foa ; **ddl**: Degré de liberté; P: Probabilité à 5%; **A, b, c, d**: Groupes homogènes. R : Variété Résistante (0%) ; T : Variété Tolérante (1-15%) ; S : Variété Sensible (16-50%) ; TS : Variété Très Sensible (51-100%), (Silva *et al.*, 2013) [15].

4. Discussion

Les potentialités d'utilisation des microorganismes du sol comme des agents de lutte biologique est connu pendant plusieurs années dans différents pays du monde [16,17]. L'action antagoniste des microorganismes a été étudiée sur plusieurs espèces fongiques comme *Trichoderma*, *Gliocladium* et *Aspergillus* [16, 17, 18, 19, 20, 21, 22].

D'après les résultats obtenus par Hibar *et al.* (2007) [20], *T. harzianum* a donné un taux d'inhibiton de croissance mycélienne très élevé qui varie entre 70 et 76% contre *Fusarium oxysporum* f. sp. *radici-lycopersici*, agent de flétrissement vasculaire de tomate (*Solanum Lycopersicum* L.). Tandis que Boughedid and Filali (2015) [23] ont rapport un taux un peu faible, varie entre 50 et 57% sur la croissance de *Fusarium graminearum*, agent de flétrissement de l'orge (*Hordum vulgare* L.). Pour le Bayoud, Sidaoui *et al.* (2018) [24] ont testé l'effet d'autre espèce fongique, *Trichoderma longibrachiatum* qui a présenté un taux d'inhibiton de 63%. Ces valeurs sont plus proches avec ceux obtenus dans notre essai.

Cette inhibition est connue dans la bibliographie par le mot "antibiose". L'antibiose est l'un des modes d'action de l'antagonisme par les champignons endophytes [25, 26, 27], par sécrétion des métabolites comme les glio-viridines et glio-toxines [28].

D'autres recherches ont montré que le champignon endophyte *T. atroviride* capable de produire des enzymes lytiques des parois des champignons parasites appelés endochitinasés [29], et des antibiotiques comme les pyrones [30, 31], et aussi l'induction des mécanismes de résistance des plantes [32].

L'importance des champignons endophytes sur l'incidence des maladies des plantes a été rapportée par plusieurs auteurs dans le monde [15, 20, 21].

Hervas *et al.* (1997) [33] ont signalé que *T. harzianum* lorsqu'il est enfouis dans les sols, a pu réduire sur l'incidence de flétrissement vasculaire du pois chiche (*Cicer arietinum* L.) causé par *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris*. Dubey *et al.* (2007) ont signalé également cette réduction sur la fonte des semis en pépinière (*Pytium* sp.). Wang *et al.* (2003) [34] ont rapporté que l'espèce fongique *Trichoderma viride*, a un effet inhibiteur sur la conservation et le développement de *Ascochyta rabiei*, agent de l'antracnose du pois chiche. Certains auteurs marocains ont noté que l'absence du Bayoud du palmier dattier dans certaines palmeraies à Marrakesh par rapport aux oasis du désert (sols sableux), a été expliquée par la présence des microorganismes utiles dans les sols [35]. Cette Remarque a été observée aussi aux palmeraies de M'zab (Ghardaia), par rapport aux oasis du Sahara algérien (Adrar, Timimoun et In Saleh), [16].

Toute cette bibliographie confirme l'importance de ces microorganismes comme un autre moyen de lutte contre le Bayoud qui peut être intégrée en alternance avec d'autres moyens de lutte.

5. Conclusion

Cette étude avait l'objectif pour évaluer la capacité de *Trichoderma harzianum* sur la croissance et le développement de *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis* (Foa). Cette capacité a été évaluée sur l'incidence par un test d'inoculation artificielle par l'utilisation des variétés locales du palmier dattier, en présence de cet endophyte.

Les résultats ont montré des différences significatives dans le test *in situ*, que la réaction des variétés inoculées par le Foa sous l'effet de l'antagoniste ont révélé que ce dernier a pu protéger ces plantules avec de valeurs de taux de mortalité très faibles par rapport au témoin. Et seulement la variété 'Figuig' qui a montré sa sensibilité au Bayoud malgré la présence de l'antagoniste. Et globalement, l'effet antagoniste a pu réduire le taux de mortalité de 47,9 à 7,2 % (Tableau 02).

6. Remerciements

Ce travail fait partie du projet de recherche FNR (DGRSDT - Fond National de Recherche) par affilié au CRSTRA (Centre de Recherche Scientifique et technique sur les Régions Arides). Ce projet est 'BayoudBiol –FNR-2022-2024- Div. Phoeniculture'.

7. Références

- Rodriguez, R.J., White, J. F., Arnold, A.E., Redman, R.S. Fungal endophytes: diversity and functional roles. *New Phytologist* 2009, 182 (2), 314-330.
- Bayman, P., Otero, J.T. Microbial endophytes of Orchid roots. In: Schulz B., Boyle C., Sieber T. N. (eds.), *Microbial root endophytes, Soil microbiology*, Vol. 9., Springer Verlag, Berlin Heidelberg, 2006, pp. 107-153.
- Siala, R., Ben Chobba, I., Vallaey, T., Triki, M. A., Jrad, M., Cheffi, M., Ayedi, I., Elleuch, A., Nems, A., Cerqueira, F., Gdoura, R., Drira, N., Gharsallah, N. (2016). Analysis of the 156 cultivable endophytic bacterial diversity in the date palm (*Phoenix dactylifera* L.) and evaluation of its antagonistic potential against pathogenic *Fusarium* species that cause date palm bayoud disease. *Journal of Applied & Environmental Microbiology*, 2016, 04: 93-104.
- Saikkonen, K., Faeth, S., Helander, M., Sullivan, T. Fungal endophytes: A continuum of interactions with host plants. *Annual Review of Ecology and Systematics* 1998, 29: 319-343.
- Zhang, H.W., Song, Y.C., Tan, R.X. Biology and chemistry of endophytes. *Natural Product Reports* 2006, 23: 753-771.
- Redman, R. S., Ranson J. C., Rodriguez R. J. Conversion of the pathogenic fungus *Colletotrichum magna* to a nonpathogenic, endophytic mutualist by gene disruption. *Molecular Plant Microbe Interactions* 1999, 12: 969-975.
- Redman, R.S., Dunigan, D.D., Rodriguez, R. J. Fungal symbiosis from mutualism to parasitism: who controls the outcome, host or invader? *New Phytologist* 2001, 151: 705-716.
- Liu, C.H., Zou, W.X., Lu, H., Tan R.X. Antifungal activity of *Artemisia annua* endophyte against phytopathogenic fungi. *Journal of Biotechnology* 2001, 88: 277-282.
- Azevadeo, J. L., Maccheroni, W., Pereira, J. O., de Araujo, W. L. Endophytic microorganisms: a review on insect control and recent advances on tropical plants. *EJB Electronic Journal of Biotechnology* 2000, 03: 01-36.
- Anke, H., Sterner, O. Insecticidal and nematocidal metabolites from fungi. In: *The Mycota*, Vol. X, *Industrial Applications* (H.D. Osiewacz, K. Esser & J.W. Bennett, eds), 2002, pp. 109- 128. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.
- Latch, G.C.M. Physiological interactions of endophytic fungi and their hosts – Biotic stress tolerance imparted to grass by endophytes. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 1993, 44 (1-4): 143-156. doi: [10.1016/0167-8809\(93\)90043-O](https://doi.org/10.1016/0167-8809(93)90043-O)

12. Oei, P. La culture des champignons à petite échelle : pleurotes, shiitakes et auriculaires. Wageningen, Pays-Bas : 2005, Fondation Agromisa, CTA.
13. Sedra, My.H. La maladie du Bayoud du palmier dattier en Afrique du Nord : Diagnostic et caractérisation. Actes of Proceeding of 'Symposium International sur le Développement Durable des Systèmes Oasiens', Morocco, 2005a, pp : 26-34.
14. Sedra, My.H. Caractérisation des clones sélectionnés du palmier dattier et prometteurs pour combattre la maladie du Bayoud. Actes of Proceeding of 'Symposium International sur le Développement Durable des Systèmes Oasiens', Morocco, 2005b, pp : 72-79.
15. Silva, A.D.S., Oliveira, E.J., Haddad, F., Laranjeira, F.F., Jesus, O.N., Oliveira, A.S., Costa, M.A.P.C., Freitas, P.J.X. Identification of passion fruit genotypes resistant to *Fusarium oxysporum* f. sp. *passiflorae*. Tropical Plant Pathology 2013, 38(3): 236-242.
16. Benzohra, I.E., Megateli, M., Elayachi, B.A., Zekraoui, M., Djillali, K., Bouafia, A., Benouis, S., Benaziza, A. and Rekis, A. Integrated management of Bayoud disease on date palm (*Phoenix dactylifera* L.) caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis* in Algeria. Journal Algérien des Régions Arides 2017, 14: 93-100.
17. Benzohra, I.E., Bendahmane, B.S., Youcef Benkada, M., Megateli, M. and Belaidi, H. Use of three synthetic fungicides to reduce the incidence of Ascochyta blight (*Ascochyta rabiei*) in chickpea (*Cicer arietinum* L.): A Susceptible cultivars case. Indian Journal of Agricultural Research 2020, 54(4): 459-464. doi 10.18805/IJARe.A-459
18. Harman, G.E. Myths and dogmas of biocontrol : changes in perceptions derived from research on *Trichoderma harzianum* T-22. Plant Disease 2000, 84: 377-393.
19. Sharon, E., Bar-Eyal, M., chet, I., Herra-Estrella, A., Kleifeld, O., Spiegel, Y. Biological control of the root-knot nematode *Meloidogyne javanica* by *Trichoderma harzianum*. Phytopathology 2001, 91: 687-693.
20. Hibar, K., Daami-Remadi, M. and El-Mahjoub, M. Effets de certains fongicides de synthèse et biologiques sur la croissance mycélienne et l'agressivité de *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*. Tropicultura, 2007, 25 (3): 146-152.
21. El-Hassni, M., El-Hadrami, A., Daayf, F., Cherif, M., Ait-Barka, E., and El-Hadrami, I. Biological control of bayoud disease in date palm: Selection of microorganisms inhibiting the causal agent and inducing defense reactions. Environmental and Experimental Botany 2007, 59: 224-234.
22. Dawidziuk, A., Popiel, D., Kaczmarek, J., Strakowska, J. and Jedryczka, M. Optimal *Trichoderma* strains for control of stem canker of brassicas: molecular basis of biocontrol properties and azole resistance. Biocontrol 2016, 61: 755-768.
23. Boughedid, K., Filali, M. Isolement et identification des champignons antagonistes des champignons phytopathogènes de l'orge. Mémoire de Master, Université des Frères Mentouri de Constantine, 2015, 67p
24. Sidaoui, A., Noureddine, K., Anis, B., Younes, E., Sadika, H., Bouchra, O., Said, B., Mostafa, C. and Mebrouk, K. Pathogenicity and biological control of Bayoud disease by *Trichoderma longibrachiatum* and *Artemisia herba-alba* essential oil. Journal of Applied Pharmaceutical Sciences 2018, 08(04): 161-167.
25. Mach, R.L., Peterbauer, C.K., Jaksists, S., Woo, S.L., Zeilinger, S., Kullning, C.M., Lorito, M and Kubicek, C.P. Expression of two major chitinase genes of *Trichoderma atroviride* (*T. harzianum* P1), is triggered by different regulatory signals. Applied and Environmental Microbiology 1999, 65: 1858-1863.
26. Kala, C., Gangopadhyay, S. and Godara, S.L. Eco-friendly management of wilt caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *Ciceri* in chickpea. Legume Research 2016, 39 (1): 129-134. Doi 10.18805/lr.v0iOF.6789
27. Fitrianingsih, A., Martanto, E.A. and Barahima, A. The effectiveness of fungi *Gliocladium fimbriatum* and *Trichoderma viride* to control fusarium wilt disease of tomatoes (*Lycopersicon esculentum*). Indian Journal of Agricultural Research 2019, 53(1): 57-61. doi 0.18805/IJARe.A-363

28. Howell, C.R., Stipanovic, R.D., Lumsden, R.D. Antibiotic production by strains of *Gliocladium virens* and its relation to the biocontrol of cotton seedling diseases. *Biocontrol Sci. Technol.* 1993, 03: 435–441.
29. Kullnig-Gradinger, C., March, R.L., Lorito, M. and Kubicek, C.P. Enzyme diffusion from *Trichoderma atroviride* (= *T. harzianum* P1) to *Rhizoctonia solani* is a prerequisite for triggering of *Trichoderma* ech 42 gene expression before mycoparasitic contact. *Applied and Environmental Microbiology* 2000, 66: 2232-2234.
30. Keszler, A., Forgacs, E., Kotai, L., Vizcaino, J.A., Monte, E. and Garcia-Acha, I. Separation and identification of volatile components in the fermentation broth of *Trichoderma atroviride* by solid-phase extraction and gas chromatography-mass spectrometry. *Journal of Chromatography Sciences* 2000, 38: 421-424.
31. Oh, S.U., Lee, S.J., Kim, J.H., Yoo, I.D. Structural elucidation of new antibiotic peptides, atroviridins A, B, and C from *Trichoderma atroviride*. *Tetrahedron Letters* 2000, 41: 61- 64.
32. Brunner, K., Zeilinger, S., Ciliento, R., Woo, S.L., Lorito, M., Kubicek, C.P. and Mach, R.L. Improvement of the fungal biocontrol agent *Trichoderma atroviride* to enhance both antagonism and induction of plant systemic disease resistance. *Applied and Environmental Microbiology* 2005, 71: 3957-3965.
33. Hervás, A., Landa, B., Datnoff, L., Trapéro-Casas, J.L. and Jiménez-Díaz, R.M. Use of commercial and indigenous microorganisms to control Fusarium wilt of chickpea. In: 10th congress of Mediterranean Phytopathological Union. Montpellier, 1997, pp. 709-711.
34. Wang, H., Hwang, S.F., Chang, K.F., Turnbull, G.D., Howard, R.J. Suppression of important pea diseases by bacterial antagonists. *Biocontrol Dordrecht* 2003, 04: 447-460.
35. Sedra, My.H., Rouxel, F. Résistance des sols aux maladies. Mise en évidence de la résistance d'un sol de la palmeraie de Marrakech aux fusarioses vasculaires. *Al Awamia* 1989, 66 : 35-54.