

La fusariose vasculaire du palmier dattier (Bayoud) :

Méthodes de lutte

Abdelkader Hakkou, Khadija Chakroune,
Faiza Souana et Mohammed Bouakka
Laboratoire de Biochimie, Faculté des Sciences,
Université Mohammed Premier, Oujda, Maroc

1) Introduction

La culture du palmier dattier est sujette à divers problèmes phytosanitaires qui entravent son développement et son extension. Le Bayoud, fusariose vasculaire du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L) causée par un champignon d'origine tellurique *Fusarium oxysporum* fsp *albedinis* (Killian et Maire 1930), est la maladie la plus destructive et la plus menaçante dans l'Afrique du nord. Elle est répandue surtout au Maroc et dans une grande partie des palmeraies de l'Algérie (Pereau Leroy 1958 ; Djerbi 1982 ; Brac et Benkhalifa 1991). En effet, au cours d'un siècle, il a détruit plus de dix millions de palmiers au Maroc (Pereau – Leroy 1958, Sedra 2005) et trois millions en Algérie (Dejerbi 1982a, Sedra 2005). Ces dernières années, la maladie a été découverte aussi dans les palmeraies d'Adrar et Tagant en Mauritanie (Sedra 1995, 1999 a, b, 2003). La catastrophe causée par le Bayoud ne s'arrête pas à l'érosion génétique causée par la disparition de nombreuses variétés parmi les meilleures, mais conduit également à l'accentuation de la désertification et à l'appauvrissement des phoeniculteurs qui finissent par émigrer. Par ailleurs, le Bayoud constitue un véritable fléau

des zones phoénicoles d'une partie de l'Afrique du Nord et aussi une menace potentielle pour la Tunisie et les autres pays producteurs de dattes.

2) Progression du Bayoud

Le Bayoud fut observé pour la première fois vers 1870 dans la vallée du Draa au nord de Zagora. Il a ensuite progressé vers l'ouest et surtout vers l'est en suivant les cordons des palmeraies (Pereau-Leroy 1958 et Toutain 1965) (figure 1). En 1898, ce fléau atteint les palmeraies de Figuig et Béni-Onif situées côte à côte des deux côtés de la frontière algéro-marocaine (Pereau-Leroy 1958). Entre 1920 et 1950, la maladie a contaminé les palmeraies du Sud algérien, puis durant la période 1960-1978, elle a gagné des palmeraies du centre de Sud algérien, la région de Mzab et ElGoléa (Djerbi 1982, Kada et Dubost, 1975). La maladie a été découverte aussi dans les palmeraies mauritaniennes à Adrar et à Tagant, respectivement en 1995 et 2002 (Sedra 1995, 1999 a, b ; 2000, 2003). Les derniers foyers déclarés au Maroc en 1996 sont situés dans la Vallée de Ait Mansour (région de Tafraoute) (Sedra, 1996).

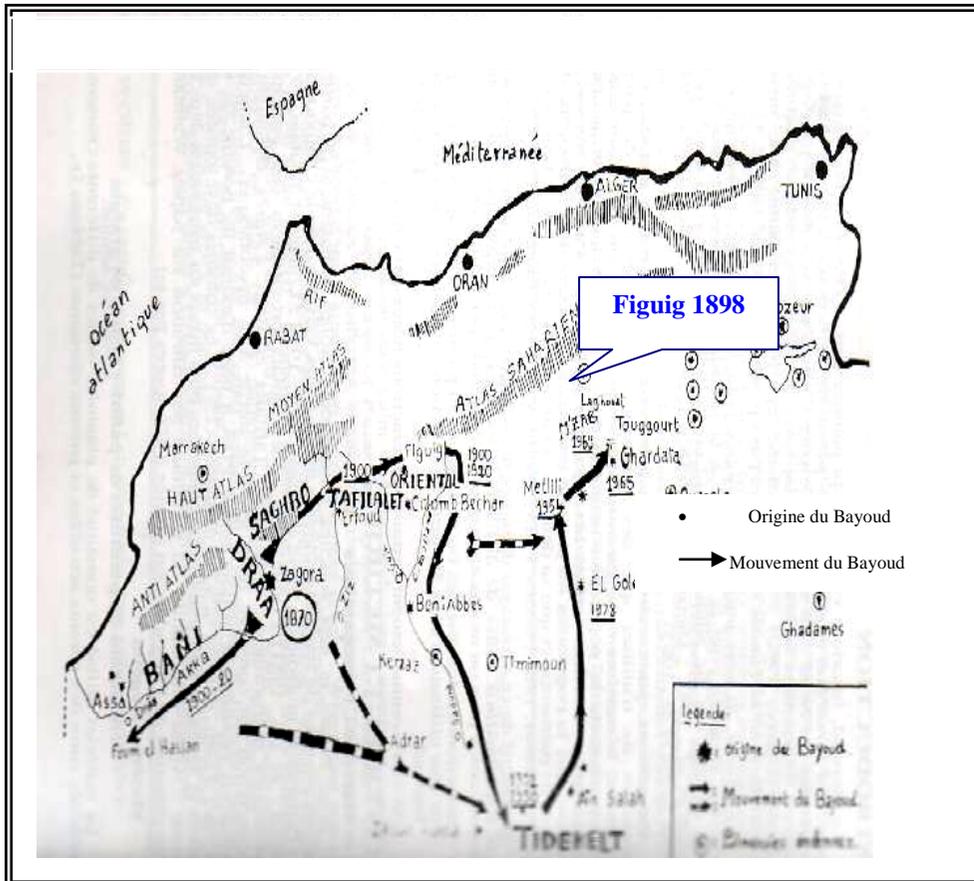


Figure 1: Origine et extension du Bayoud en Afrique du Nord (Pereau-Leroy, 1958)

3) Symptômes

Le premier symptôme externe de la maladie s'observe sur une palme de la couronne moyenne; cette palme prend un aspect plombé et se dessèche selon un processus très particulier. En effet, les folioles ou les épines situées d'un côté

de cette palme se dessèchent progressivement du bas vers le sommet, et se replient vers le rachis (Photo 1). Ce dessèchement gagne ensuite les folioles du côté opposé, progressant cette fois de haut en bas, et toute la palme finit par se dessécher complètement et prend une couleur blanchâtre. Ce symptôme est à l'origine du nom de la maladie, bayoud dérivant du mot arabe « abyed » qui veut dire blanc, et de la forme spéciale *albedinis* du *Fusarium oxysporum* responsable de la maladie, tiré du latin albus (blanc). Le côté dorsal du rachis est marqué d'une strie brune longitudinale, qui avance de la base vers l'apex de la fronde, et qui correspond au passage du mycélium dans les faisceaux vasculaires du rachis. Ensuite, la feuille va prendre une forme arquée, similaire à une feuille vivante, et pend le long du tronc. Les mêmes symptômes apparaissent ensuite sur les palmes voisines; puis l'attaque se généralise à l'ensemble du palmier entraînant sa mort au bout de 6 mois à 2 ans (Photo 2) (Djerbi 1988).

Mais ces symptômes ne sont pas toujours aussi typiques, il est possible qu'ils se développent d'une façon différente. Il se peut, par exemple, que la coloration brune apparaisse au milieu du rachis et que les folioles se dessèchent de l'apex vers la base, des deux côtés à la fois. Parfois, aussi, un jaunissement généralisé pourrait être repéré avant l'apparition des symptômes typiques.



Photo 1 : Premiers symptômes du Bayoud



Photo 2 : Stade final de la maladie

Les dattiers atteints ne présentent qu'un nombre très réduit de racines malades, de coloration rougeâtre. Ces racines alimentent plusieurs groupes de faisceaux vasculaires du stipe qui, avec le sclérenchyme et le parenchyme qui les entourent, prennent une coloration brun-rougeâtre. Les frondes qui manifestent des symptômes externes ont une coloration brun-rougeâtre avec des faisceaux vasculaires très colorés lorsqu'ils sont coupés.

4) Méthodes de détection et d'inspection

L'observation des symptômes typiques permet généralement d'identifier la maladie du Bayoud. Cependant, dans le cas des symptômes atypiques, l'identification de l'agent pathogène (*Fusarium oxysporum* f.sp *albedinis*) peut être effectuée par différentes méthodes telles que les méthodes de caractérisation morphologique, de tests de pathogénicité, et par des méthodes moléculaires.

D'autres méthodes, comme la technique de compatibilité végétative des mutants ne réduisant pas le nitrate (Nit) (Tantaoui, 1993) et l'analyse de RFLP (Tantaoui et al., 1996) ont été aussi testées pour la détection et l'identification du champignon pathogène (Foa).

4.1) Caractéristiques morphologiques et culturales

Le parasite responsable du bayoud a été isolé pour la première fois en 1921 et identifié en 1934 par Malençon. Il s'agit d'un champignon microscopique qui fait partie de la

mycoflore du sol. Il appartient au groupe du champignon imparfait, ordre des Moniliales, et famille des Tuberculariacées. Il a été dénommé *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis*.

4.1.1) Caractère Microscopique

Fusarium oxysporum f.sp. *albedinis* possède un mycélium hyalin et cloisonné. La multiplication asexuée se réalise par des microphialides et des macrophialides, qui produisent respectivement des microconidies et des macroconidies. Les microconidies sont sphériques ou allongées, légèrement courbées, généralement unicellulaires, hyalines, de dimensions variables dans une même culture (3-15 x 3-5 µm). Les macroconidies fusoides à falciformes, pointues aux deux extrémités, ayant généralement 3 à 5 cloisons, mesurent 20 à 35 x 3 à 5 µm. Le parasite peut se conserver sur les débris des palmiers attaqués, les tissus des porteurs sains, et pendant de longues années, dans le sol à des profondeurs atteignant plus d'un mètre sous forme de chlamydo-spores. Ces chlamydo-spores sont intercalaires ou terminales, sphériques, isolées ou en chaînes courtes regroupant 2 à 4 chlamydo-spores qui se forment soit sur le mycélium soit à partir des macroconidies (figure 2). (Djerbi 1988).

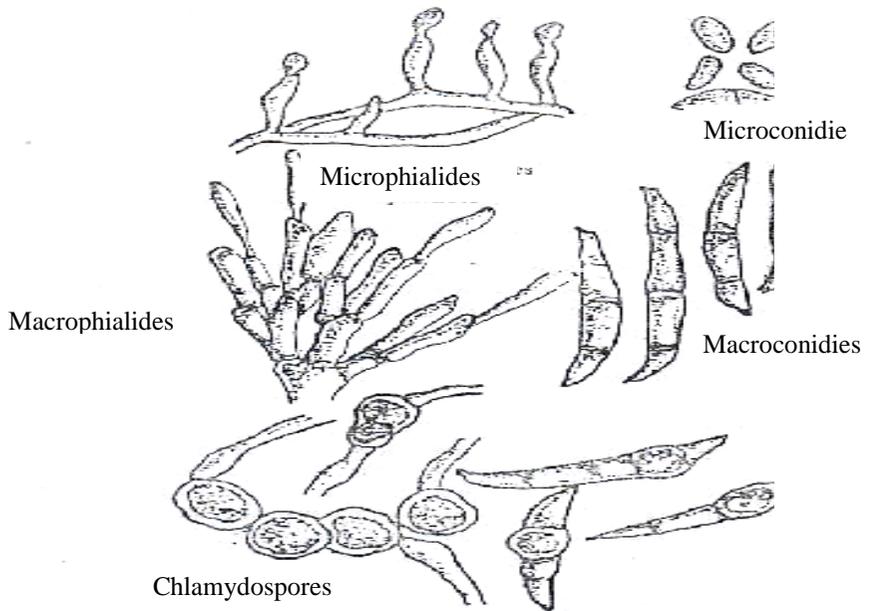


Figure 2: Caractéristiques microscopiques de *Fusarium oxysporum* f. sp. *Albedinis* (Djerbi 1988).

4.1.1) Caractères Macroscopiques

La forme sauvage du *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis* peut être observée sur le milieu PDA et Komada à partir d'un fragment de rachis de palme infectée. Son aspect macroscopique est caractérisé par un tapis mycélien fin frisé à croissance lente (6 à 8,5 cm de diamètre en 8 jours à 25°C) au sein duquel se forment des petits sporodochies roses saumon (Photo 3).



Photo 3 : Culture du *Fusarium oxysporum* f.sp.
albedinis
sur le milieu PDA

4.2) Test de pouvoir pathogène

Des plantules de palmier dattier issues des graines sont cultivées dans des conditions exemptes de maladie. Un volume de 200 cm³ de la suspension de 10⁶ spores par ml de *Foa* âgées d'une semaine est déposé sur les racines de ces plantules au stade de deux feuilles. La souche est considérée pathogène si le taux de mortalité des plantules dépasse 20% en comparaison avec un témoin inoculé par une souche connue non pathogène. Ce test dure 3 à 8 semaines (Sedra & Djerbi 1985, Djerbi 1990).

4.3) Identification de *Foa* par méthodes moléculaires

Fernandez et al 1998 ont mis au point une paire d'amorces (TL3-FOA28) qui pourraient être utilisées comme sondes spécifiques pour le diagnostic de *Foa* par réaction de polymérisation en chaîne (PCR). Ce test permet de différencier l'agent pathogène du palmier dattier des autres *Fusarium oxysporum*, ainsi que des souches saprophytes. Les séquences d'amorces sont 3'-GGTCGTCCGCAGACTATACCGGC-5' (TL3) et 3'-ATCCCCGTAAAGCCC-TGAAGC-5' (FOA28).

5) Mode d'infection du palmier par le parasite

Les chlamydospores de *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis* germent dès que les conditions sont favorables et pénètrent directement par les racines du palmier pour se loger dans les faisceaux ligneux. La progression du champignon est

ascendante et se réalise à la fois par le mycélium et par les microconidies. Le champignon fructifie, libère des conidies qui sont entraînées par le courant de la sève jusqu'au niveau des cloisons transversales des vaisseaux où elles sont arrêtées. Les conidies germent et donnent des filaments mycéliens qui traversent la cloison. Le mycélium poursuit son développement et forme de nouvelles microconidies qui sont entraînées à leur tour jusqu'à la cloison suivante; le phénomène se poursuit ainsi jusqu'à ce que le bourgeon terminal soit atteint entraînant ainsi la mort du palmier dattier. (Djerbi 1983). Après la mort du palmier dattier, le mycélium continue à se développer dans le parenchyme de l'arbre et forme de nombreuses chlamydospores (Louvet 1977).

6) Facteurs influençant la propagation du champignon pathogène

En général, le champignon *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis* peut se disséminer par les rejets, les tissus des dattiers, le sol ou les porteurs sains comme la luzerne, le henné et le trèfle provenant des zones infectées. Par contre, aucune transmission par les hampes florales, les semences ou les fruits n'a été signalée (OEPP/EPPO 2003).

Dans une palmeraie infectée, les facteurs qui interviennent de façon prépondérante dans l'extension des foyers de la maladie sont (Hakkou et Bouakka 2004) :

- la densité élevée des palmiers ;

- l'accumulation et la décomposition des déchets contaminés dans la palmeraie et le degré de l'entretien des parcelles;
- la pratique de certaines cultures intercalaires comme la luzerne, le trèfle, les cultures maraîchères et le henné (El Ghorfi 1987);
- l'irrigation abondante, la température (25°C-30°C) et la salinité élevée des eaux d'irrigation.
- Des cultures monovariétales des palmiers sensibles au Bayoud

7) Impact économique

Le Bayoud provoque chaque année la mort de 4,5 à 12% de la population phoénicicole des palmeraies infectées (Djerbi, 1983, 1986). Le Maroc, qui était un exportateur traditionnel des dattes, occupait le 3^{ème} rang parmi les pays producteurs; actuellement, il importe des dattes pour satisfaire le marché national. Dans la plupart des oasis, plus de 50% des cultivars de bonne qualité dattière ont été détruits au profit de la prolifération des cultivars peu productifs produisant des dattes communes qui sont souvent impropres à la consommation humaine. On assiste aussi à la prédominance des khalts puisque cette catégorie représente plus de 47% de la population phoénicicole du Maroc (Harrak et Chetto 2001). Ce phénomène entraîne la disparition progressive des cultivars de qualité reconnus mondialement et par voie de conséquence une forte réduction de la densité des palmiers puisque elle est

passée de 350 à 50 palmiers par hectare (Saaidi, 1979; Djerbi *et al.*, 1986).

La maladie n'a pas seulement provoqué la perte d'un aliment de base pour les populations sahariennes, mais aussi, la perte d'une source de revenus et de devises indispensables à la vie quotidienne des oasiens. Elle a réduit considérablement l'étendue des périmètres cultivés et a accéléré le processus de désertification.

7.1) Incidence de la fusariose vasculaire dans l'oasis de Figuig

Au début du 20^{ème} siècle les phoéniculteurs Figuiguis ont perdu plus de 48 % de leurs palmiers dattiers parmi les variétés de bonne qualité dattière comme Boufaggousse, Boufaggousse Gharas, Afroukh N'Tijint, Assian etc... (Toutain, 1968). Ce taux de mortalité est actuellement de 4,3 % par an (Hakkou et Bouakka 2004). Cette diminution n'est pas due à la perte de la virulence du champignon pathogène mais le résultat d'une sélection draconienne opérée par ce champignon en détruisant toutes les variétés sensibles et laissant les moins sensibles et les plus résistantes qui sont souvent d'une qualité médiocre.

Le comportement du palmier dattier à l'égard de la fusariose vasculaire est lié au patrimoine génétique de la variété (Bendiab *et al* 1993), mais aussi aux conditions culturelles. Les observations effectuées sur le terrain (Hakkou et Bouakka, 2004) montrent que le développement de la maladie n'est pas identique dans l'ensemble des Ksour pour

une même variété sensible. Les attaques sont très variables d'une région à une autre et même entre parcelles voisines (Sedra 1993, Sedra et Bah1993); ceci peut être expliqué par plusieurs facteurs (Hakkou et Bouakka 2004, Bouakka et Hakkou 2004) :

- La qualité et la quantité des eaux d'irrigation: dureté, température, salinité, degré de pollution etc.
- Les caractéristiques physico-chimiques des sols : la composition chimique, la richesse en éléments nutritifs, le degré de réceptivité vis à vis du *Fusarium oxysporum* f.sp *albedinis* (Sedra 1993, Sedra et Bah 1993, Djerbi et al 1985)
- La situation géographique des différents Ksour : en fonction de cette situation, les palmiers dattiers sont plus ou moins exposés aux vagues de chaleur et de froid ou aux tempêtes de sable qui posent un vrai problème pour certaines zones de la palmeraie.
- Les méthodes culturales et le degré d'entretien apportés aux parcelles. En effet, les différentes parcelles de l'oasis de Figui ne sont pas travaillées de la même façon.
- La densité du palmier, la transmission de la fusariose vasculaire étant plus accentuée quand la densité est plus élevée.
- L'âge du palmier; les palmiers adultes entre 20 et 100 ans, sont plus touchés que les palmiers jeunes.
- La répartition variétale, c'est à dire que les zones riches en variétés sensibles auront des proportions élevées en pieds malades et vice versa (Tableau 1).

**Tableau 1 : Répartition des différentes variétés par Ksar
(exprimée en pourcentage)**

	Ass	A. B	Taa b	Bouf	B. Gh.	Tad	A. M.	Afro u	Franc s	PM
Hamma m	56,7 4	4,93	1,74	8,72	7,7 8	0,2 5	0,4 4	0,22	17,57	1,6 1
Foukani Hamma m	80,3 6	3,37	0,89	4,27	2,3 8	1,3 9	0,6 0	0,79	4,46	1,4 9
Tahtani Laâbidat e	45,1 7	1,04	1,34	11,4 4	1,1 9	0,7 4	1,4 9	0,15	24,67	5,5 0
Lamâize	53,8 3	2,2	1,74	4,86	4,3 0	4,8 0	0,3 7	0,69	20,14	2,9 9
Loudaghi r	30,4 6	24,8 1	1,84	5,29	0,6 5	2,0 8	0,1 8	0,54	31,41	2,7 4
Oulad Slimane	60,1 0	3,80	1,68	2,23	2,6 9	6,5 8	0,6 6	0,70	19,18	2,3 8
Zénaga	47,2 7	5,78	2,05	11,7 1	1,5 5	1,1 9	3,0 2	0,61	24,39	2,4 2
% dans la palmerai e	50,1 9	5,92	1,91	9,69	2,6 1	1,7 6	2,1 5	0,56	22,59	2,3 6

Ass : Assiane; A.B. : Aziza Bouzid; Taab : Taabdount; Bouf : Boufaggousse; B.Gh. : Boufaggousse Gharas; Tad : Tadmamte; A.M. : Aziza Manzou; Afrou: Afroukh N'Tijint; PM : Pieds mâles.

La palmeraie de Figuig était très riche en variétés dattières; déjà en 1968, Toutain a recensé 21 variétés différentes dont plus de la moitié (12 variétés) a disparu (Tableau 2). Cette érosion génétique peut être expliquée par des facteurs naturels qui sont principalement, la maladie du Bayoud et des facteurs humains tels que les forces du marché national et international. En effet, les préférences des marchés pour des dattes de haute valeur commerciale (généralement de grande taille et molles) issues des variétés connues obligent les phoeniculteurs à pratiquer des cultures monovariétales offrant des fruits de meilleure qualité mais qui sont généralement sensibles au Bayoud (Tableau 3).

Tableau 2: La population variétale des dattiers dans la palmeraie de Figuig vers 1968 selon Toutain

Variétés	Nombre de pieds	En %	Variétés actuellement disparues	Nombre de pieds	En %
Sair (Francs)	41 260	38,978	Taberchent	174	0,164
Bouffagousse	37 250	35,190	Ajin	71	0,067
Assian	22 120	20,897	Lakmil	64	0,060
Afroukh. Ntjint	1 326	1,253	Tlazouaght	60	0,057
Bouffagousse Gharasse	1 038	0,981	Ahardane	38	0,036
Aziza Bouzid	795	0,751	Bou Chourne	36	0,034
Taabdount	643	0,607	Tamdait	23	0,022
Admam	353	0,333	Tajint	20	0,019
Tadmamt	304	0,287	El Kounti	20	0,019
Aziza Manzou	230	0,217	Tighergaimt	20	0,019

			Bou Skri	6	0,006
			Amira	3	0,003
Total	105 319	99,495		535	0,506

En se basant sur les observations de terrain et les résultats de l'enquête, Hakkou et Bouakka en 2004, ont classé les variétés Efroukh Ntjint, Boufaggousse et Boufaggousse Gharas comme très sensibles, Assiane et Aziza Bouzid comme sensible et Taabdount et Aziza Manzou comme résistantes au Bayoud.

Tableau 3 : La population variétale des dattiers dans la palmeraie de Figuig et l'incidence de la fusariose vasculaire (Hakkou et Bouakka 2004).

	Nombre total de pieds	%	Nombre de pieds malades	%	Nombre de pieds non productifs	en %
Assiane	95 100	50,19	5 386	5,68	4 274	4,48
Aziza Bouzid	11 212	5,92	274	2,39	718	6,25
Taabdount	3 622	1,91	50	1,38	166	4,58
Boufaggousse	18 365	9,69	822	4,47	817	4,45
Boufaggousse Gharasse	4 954	2,61	237	4,78	386	7,79
Tadmamte	3 332	1,76	83	2,49	50	1,49
Aziza Manzou	4 075	2,15	25	0,61	133	3,26
Afroukh N'Tijint	1 062	0,56	120	11,30	46	4,30
Francs	42 664	22,59	1 054	2,47	2 432	5,70
Pieds mâles	4 469	2,36	0	-	-	-
Total	188 855	100,00	8 075	4,27	9 021	4,76

A Figuig, l'agriculteur préfère subir les conséquences du Bayoud plutôt que de planter une variété de faible qualité

(Hakkou et Bouakka 2004). Ces auteurs ont montré que malgré la très grande sensibilité de certaines variétés comme (Bouffgousse gharasse), les agriculteurs continuent toujours de les replanter.

8) Lutte contre le Bayoud

Selon les caractères épidémiques, infectieux et vasculaires du Bayoud, les orientations de lutte contre cette maladie s'apparentent à celles préconisées contre les autres fusarioses vasculaires connues. Quatre méthodes de lutte contre le Bayoud ont été adoptées sur le palmier dattier:

8.1) La lutte chimique

Il s'agit de l'utilisation des fongicides à action systémique ou endothéropique. Cette méthode est écartée, du fait que les possibilités pratiques d'utilisation de fongicides systématiques dans le cas des trachéomycoses sont très limitées. En plus, ces produits sont peu stables dans le sol et risquent de favoriser la sélection des souches résistantes (M.A.R.A. 1976). En les utilisant d'une façon répétitive et pendant de longues années, ces produits chimiques risquent de nuire à l'environnement.

8.2) Des mesures prophylactiques

Ces mesures visant à protéger les zones encore saines sont appliquées sur le terrain. En effet l'OEPP/EPPO (1990) recommande aux pays phoenicicoles d'interdire l'importation du matériel en provenance des pays infectés comme:

- Le matériel végétal du palmier dattier (rejets, feuilles, etc).

- Le sol et les végétaux destinés à la plantation (avec racines, boutures) accompagnés de terre.
- des végétaux destinés à la plantation de henné (*Lawsonia inermis*) (excepté les semences).

L'Algérie (1942- 1949) et le Maroc ont mis en place des contrôles phytosanitaires internes qui empêchent le transport de rejets des régions contaminées.

Dans le cas de détection précoce d'un nouveau foyer de Bayoud dans une zone saine, **l'éradication** est le moyen de lutte utilisé. En effet, après la délimitation du foyer avec une marge de sécurité suffisante, les arbres sont arrachés et incinérés sur place, le sol est, par la suite, stérilisé à la chloropicrine. Cette technique a été améliorée par l'utilisation d'un mélange de bromure de méthyle et de chloropicrine. Ces dernières années l'utilisation de chloropicrine fut totalement interdite vu son danger et sa faible efficacité. En effet, le bromure de méthyle possède une forte capacité de pénétration dans le sol et lui assure une bonne stérilisation (Dubost et Hethener 1968; Frederix et Den Brader, 1989). La zone ainsi traitée est clôturée et reste interdite à la culture pendant une longue période. Mais cette méthode est très chère, polluante et son efficacité n'est pas garantie. Malgré ces inconvénients, elle reste la seule méthode appliquée, surtout en Algérie.

8.3) La lutte génétique

L'utilisation de variétés résistantes reste la seule méthode efficace pour lutter contre la fusariose vasculaire (Perreau 1957). Parmi les 32 variétés marocaines testées (Tableau 4) dans les stations expérimentales de Errachidia et de Zagora, seules six variétés ont montré une résistance totale au Foa. Il s'agit de Bousthami noire, Bousthami blanche, Iklane, Tadment, Sayre Layalet et Bouffaggousse ou Moussa. Une autre variété résistante (Boukhanni) a été retrouvée 20 ans plus tard (Sedra, 1993, 1995). Malheureusement, toutes ces variétés ont une qualité dattière faible, ce qui constitue un handicap à leur transplantation à grande échelle. D'autres travaux ont été effectués sur des clones résistants et de bonne qualité issues de semis naturels ou des croisements contrôlés tels que Ennajda (INRA-3014), INRA-1445, INRA-3003, Al-Amal (INRA-1443), INRA-3010, Al-Fayda (INRA-1447), Bourihane (INRA-1414) et Mabrouk (INRA-1394) qui ont été sélectionnés. Le clone Ennajda (INRA-3014), cultivé à grande échelle pour la reconstitution de la palmeraie marocaine, produit des fruits de bonne qualité acceptés par les phoéniculteurs (Sedra 2005).

Tableau 4 : Le degré de résistance de quelques variétés des régions phoénicoles du Maroc (Toutain, 1973).

Région	Totalement résistantes	Assez résistantes	Moyennement sensibles	Très sensibles
Zouzfana (Figuig)		Taabdount	Assian Aziza Tiberghaimt	Bou feggous
Guir Tafilalet	Bou Sthammi Noir	Bou Slikène Bel Azit Race Lacmer Bou Cerdoun Bou Cerdoun Bou Zeggar	Bou-ijjou Azigzao jaji Azizo Bou Zeggar Azizao Outoukdim	Bou feggous Bou feggous Mejhoul Bouskri Bou feggous Bou feggous Bou feggous Bou feggous
Gheris			Azizao Outoukdim	Bou feggous Bou feggous Bou feggous Jihel
Ferkla Todra Saghor est	Bou sthammi Noire Iklane	Bou Slikène Bou Cerdoun Race Lahmer Bou Sliken	Outoukdim Azizao	Jihel Bou feggous Jihel
Sagthro-est	Bou Sthammi Noire Iklane Tadment		Azigzao	Bouskri Bou slikhène Bou feggous Ahardane
Draa	Bou Sthammi Noire Iklane Tadment	Briki Bou-khani Aissa- youb Mah-el baid Race lahmer Race lahmar	Mydodane Bou zeggar Oum n'hale	Bou rhar Bouskri
Bani-ouest	Saïr-layalet Bou sthammi Noire Bou sthammi Blanche Bou- feggous Ou moussa		Bou ittob Mydodane	
Bani-est	Iklane		Bout ittob	Jihel

Anti-Atlas	Iklane Bou sthammi blanche tadment		Bout ittob	Bou feggous Bouskri Jihel Bou feggous Bouskri
------------	---	--	------------	---

8.4) La lutte biologique contre le Bayoud :

La lutte contre le bayoud nécessite la mise en œuvre d'une stratégie, aussi bien préventive que curative, de contrôle du champignon et de protection des vergers.

8.4.1) Compostage :

Les caractéristiques biologiques du *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis* et de son hôte le palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.), rendent toute tentative de lutte très difficile. La lutte chimique est écartée suite à la fragilité de l'écosystème oasien et à son efficacité non garantie. Les mesures prophylactiques et la mise en quarantaine n'arrêtent pas la maladie. Comme la plupart des fusarioses, l'utilisation des variétés résistantes est la seule méthode efficace, mais dans le cas du dattier, la sélection n'est pas facile, en plus, la plupart des variétés sélectionnées résistantes produisent des dattes de faible qualité (Pereau-Leroy, 1958 ; Toutain, 1968b ; Sedra, 1995).

L'existence dans la nature de sols résistants à la fusariose vasculaire des dattiers et l'isolement des micro-organismes qui ont montrés un effet antagoniste in vitro et in vivo vis-à-vis du *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis* ont fait l'objet de quelques

études en Algérie et au Maroc (Sabaou, 1979, 1980; Sabaou et al 1980, 1983; Amir, 1981(Amir et Sabaou 1983; Sabaou et Bounagua, 1987; Sedra, 1985; Louvet 1991; Sedra et Maslohy 1995). Cette stratégie de lutte est très intéressante mais, elle reste sans application sur le terrain.

Ces dernières années, le monde a accordé une place prépondérante à la qualité de l'environnement, à la pérennité des ressources naturelles et surtout à la réduction de l'utilisation des substances chimiques. Ceci conduit la communauté scientifique à se tourner vers la possibilité d'utiliser de façon rationnelle des composts. Ainsi, plusieurs recherches sont consacrées à la valorisation des composts en tant qu'outil de protection des cultures (Hoitink et al., 1993; Veeken et al., 2005). Des composts issus de divers déchets qu'ils soient agricoles, industriels ou ménagers, ont montré leurs capacités à protéger les cultures contre de nombreux ennemis tels que des adventices, des insectes, des mollusques, des nématodes, des champignons, des bactéries et des virus. Dans nos études (Chakroune et al. 2005, Chakroune 2006, Hakkou et al. 2011), nous avons montré que le compostage des sous-produits du palmier dattier contaminés par *Fusarium oxysporum* fsp *albedinis* engendre un compost mûr, stable et hygiénisé (Figure 3) ayant des caractéristiques physicochimiques et agronomiques intéressantes. Dans nos tests, le sol et la tourbe utilisés sont des substrats réceptifs vis-à-vis de *Fusarium oxysporum* f.sp *albedinis* car ils lui permettent d'exercer sans aucune difficulté son pouvoir

pathogène. L'ajout de compost mûr des sous-produits du palmier dattier apporte un effet suppressif à ces substrats. Donc, en plus des économies de la tourbe, le compost offre la possibilité de fournir au substrat un pouvoir suppressif à l'encontre du *Fusarium oxysporum* f.sp *albedinis*, et produit ainsi des plantes saines et vigoureuses (Photos 4 et 5). L'effet suppressif observé est d'origine biologique puisque l'autoclavage entraîne sa disparition. Les antagonistes que nous avons identifiés sont constitués principalement des genres *Aspergillus*, *Penicilliums* et *Bacillus*.

Nos travaux (Chakroune 2006 ; Chakroune et al. 2008), ont montré aussi que le compost des sous-produits du palmier dattier pourrait être un moyen de contrôle biologique efficace, capable de limiter la propagation de la maladie et de lutter contre la sévérité de la fusariose vasculaire dans les palmeraies des oasis de l'Afrique du nord. L'apport de ce compost aux sols contaminés par *Fusarium oxysporum* f.sp *albedinis* pourrait diminuer considérablement la population de ce champignon par des mécanismes biologiques respectant l'écosystème oasien tout en œuvrant à la décontamination des sols oasiens à moyen et/ou à long terme. Donc, l'utilisation de ce compost dans les systèmes de production agricole oasienne peut fournir un moyen de recyclage de tous les déchets agricoles, réduire les coûts de production des cultures végétales en diminuant les pertes associées aux maladies, réduire l'utilisation des produits chimiques et produire des aliments exempts de résidus chimiques.

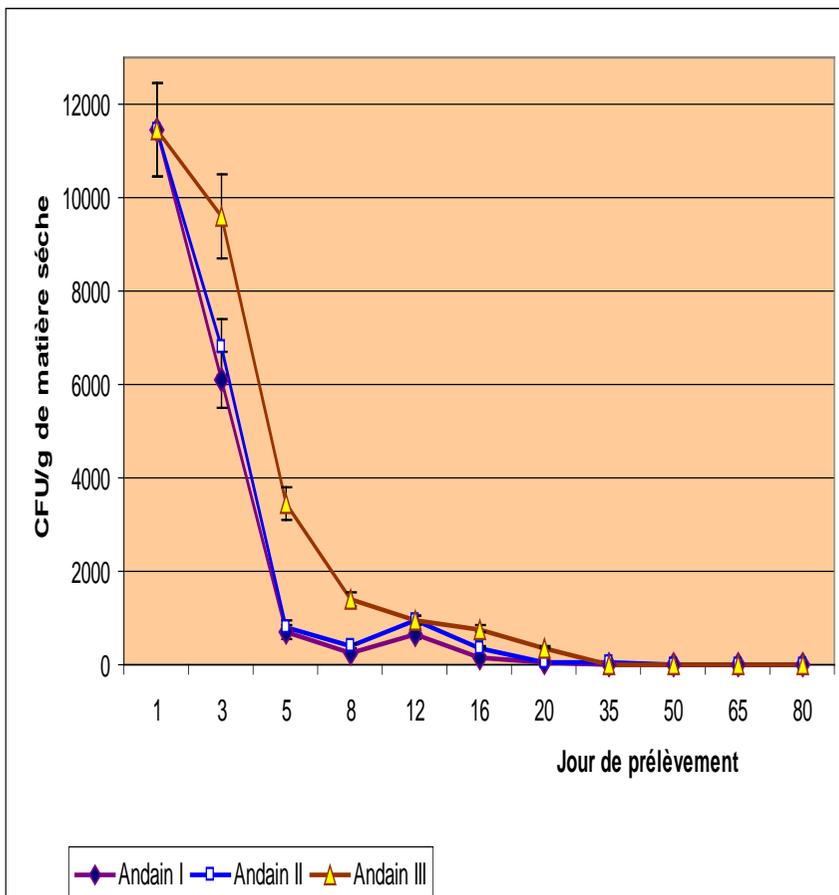


Figure 3 : Elimination du *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis* au cours du processus du compostage des sous produits du palmier dattier contaminés.

Andain 1 : un retournement tous les deux jours ; Andain II : un retournement tous les trois jours ; Andain III : un retournement tous les cinq jours.



Tourbe

Tourbe/Compost
(V/V)

Photo 4 : Effet du compost sur la croissance des plantules du palier dattier



Mélange tourbe/compost
(v/v) inoculé au Foa

Tourbe inoculée au Foa

Photo 5 : Effet du compost sur la protection des plantules du palier dattier contre l'attaque par *Fusarium oxysporum* f.sp *albedinis*

8.4.2) Mycorhization :

La mycorhization du palmier dattier constitue un axe important, puisqu'il intéresse aussi bien l'aspect physiologique de la plante (croissance et production) que l'aspect phytopathologique (contribution à la lutte contre le Bayoud). En effet la mycorhization est l'élément biologique utilisé par les plantes, en symbiose avec les champignons, pour le renforcement de la résistance aux agents pathogènes du sol (BARTSCHI et al, 1981) et aux stress hydriques et salins (Tinker 1975, Duddridge et al, 1980).

L'effet de l'endomycorhization par *Glomus intraradices* sur la croissance du palmier dattier et sur la résistance de ce dernier aux attaques du *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis* sur différents substrats a été étudié (Figure 4). La mycorhization a amélioré la croissance des plantules d'environ 26%. La présence de l'agent pathogène a provoqué une chute de biomasse de 82,5% avec un taux de mortalité de 100% alors que la présence de mycorhize a fait baisser ce taux mortalité à 55% (Souana et al 2010).

La mycorhization a permis d'améliorer la croissance des plantes du palmier dattier en améliorant l'alimentation hydrique et la nutrition minérale. Cette amélioration est due à une grande surface d'absorption que procure le développement du mycélium externe à l'endophyte, permettant ainsi une exploitation d'eau et d'éléments minéraux au-delà de la zone d'épuisement racinaire (TINKER (1975), OWUSU et al. 1979). Elle est très marquée au niveau

de la partie aérienne et pas dans la partie racinaire. On peut dire donc, que la mycorhization améliore la croissance de la partie aérienne en augmentant la surface de photosynthèse (le nombre de feuilles, la longueur, la biomasse verte) et par conséquent plus d'éléments nutritifs que le champignon mycorhizien peut utiliser.

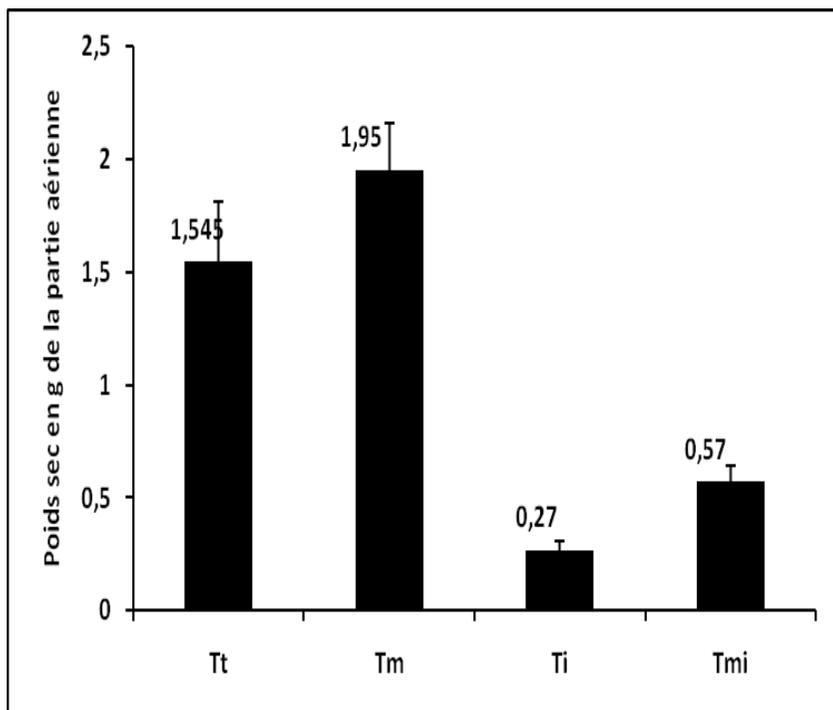


Figure 4 : Poids sec en g de la partie aérienne des plantules du palmier dattier cultivées sous différents traitements.

Tt : Tourbe sans aucun traitement (témoin) ; Tm : Tourbe en présence du mycorhize *Glomus intraradices*; Ti : Tourne inoculée par Foa ; Tmi : tourbe en présence du mycorhize et inoculée par Foa.

La mycorhization a montré aussi un effet protecteur contre les attaques du *Foa*. OIHABI (1991) a observé, chez le palmier dattier mycorhizé et infecté par le même agent pathogène, une réaction matérialisée par le développement des microfibrilles enveloppant les hyphes pathogènes provoquant ainsi leur dégénérescence. Ceci a été déjà montré par DEHNE (1982) indiquant que l'influence des mycorhizes à vésicules et arbuscules reste limitée aux sites de leur localisation dans la racine. Les champignons mycorhiziens ne colonisent jamais la zone méristématique ni le cylindre centrale. Ils progressent vers l'apex de la racine en colonisant les tissus nouvellement formés par le méristème radiculaire. C'est au niveau de l'écorce que se réalise la seule rencontre possible entre *Foa* et le champignon mycorhizien où il inhibe l'activité de l'agent pathogène (OIHABI, 1991). Or la progression de ce dernier au niveau du cylindre central empêche l'effet protecteur total des mycorhizes.

9) Références bibliographiques

Amir, H., Sabaou, N., 1983. Le palmier dattier et la fusariose. XII: Antagonisme dans le sol de deux actinomycètes vis-à-vis de *Fusarium oxysporum*. f.sp. *albedinis* responsable du Bayoud. Bull. Soc. Hist. Afr. Nord, 13: 47-60.

Amir H., 1981. Antagonisme de divers microorganismes vis-à-vis de *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis* agent du Bayoud. Thèse Magister., U.S.T.H.B., Alger. 144p.

Bartschi H., Gianinazzi Pearson V., Vechi., 1981. Vesicular-arbuscular mycorrhiza and root rot disease (*Phytophthora cinnamomi* Rands) development in *Chaniuecyparis lawsoniana* (Murr.) Pari. *Phytopathol Z.*, 102, 213-218.

Bendiab, K., Baaziz M., Brakez, Z., Sedra My. H., 1993. Correlation of isoenzyme polymorphism and Bayoud-disease resistance in date palm cultivars and progeny. *Euphytica*, 65: 23-32.

Bouakka M.; A. Hakkou ; 2004. Oasis de Figuig : L'irrigation et la fusariose vasculaire (Bayoud). EL AWAMIA, Vol 1 N. 1-2 : 27 - 46.

Brac de la Perriere, R.A., Benkhalifa, A., 1991. Progression de la fusariose du palmier dattier en Algérie. *Sécheresse*, 2 : 119-128.

Chakroune, K., Bouakka, M., Hakkou, A., 2005. Incidence de l'aération sur le traitement par compostage des sous produits du palmier dattier contaminés par *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis*. *Can.J. Microbiol.* 51 : 69-77.

Chakroune K., 2006. Valorisation des sous-produits organiques du palmier dattier par compostage. Contribution à la lutte contre la fusariose vasculaire (Bayoud). Thèse de Doctorat, Faculté des Sciences, Université Mohammed Premier-Oujda. 136-140.

Chakroune, K., M. Bouakka, R. Lahlali, A. Hakkou, 2008. Suppressive Effect of Mature Compost of Date Palm By-products on *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis*. *Plant Pathology Journal*.

Dehne H. W., 1982. Interactions between vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi and plant pathogens. *Phytopathologische Zeitung* 72, 1115-1119.

Djerbi, M., 1982 a. Le Bayoud en Algérie, Problème et Solution. F.A.O. Regional Project for palm and Dates Research centre in the Near East and North. Africa, Baghdad Iraq, 45 p.

Djerbi, M., 1982 b. Bayoud disease in North Africa: history, distribution, diagnosis and control. *Date palm Journal*, 1 (2): 153-97.

Djerbi, M., 1983. Diseases of the date palm (*Phoenix dactylifera* L.). F.A.O. Regional Project for Palm and Dates Research Centre in the Near East and North Africa. 106 p.

Djerbi, M., 1988. Les maladie des palmiers dattiers : Le Bayoud (15-36). Rapport de Projet Régional de lutte contre le Bayoud (RAB/84/018).

Djerbi, M., 1990. Méthodes de diagnostic du bayoudh du palmier dattier. *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin*, 20: 607-613.

Djerbi, M., Sedra, M.H., El Idrissi Ammari, M.A., 1985. Caractéristiques culturales et identification du *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis*, agent causal du Bayoud. *Ann. Inst. Nat. Rech. Agro. Tunisie*, 58 :1-8.

Dubost, D., Hetner, P., 1968. La lutte contre le Bayoud, problèmes et méthodes. Service de la botanique, Faculté des sciences, Université d'Alger, 16 p.

Duddridge J.A., Malibatia A.S., Read .J., 1980. Structure and function of mycorrhizal rhizomorphs with special reference to their role in water transport. *Nature*, 287, 834-836.

El Ghorfi, A., 1987. Contribution à l'étude des porteurs sains du *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis*, agent causal du Bayoud; fusariose vasculaire du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) thèse de 3^{ème} cycle, phytopathologie, faculté des sciences. Université cadi ayyad Marrakech, 97p.

Frederix, M.J.J., Den Brader, K., 1989. Résultats des essais de désinfection des sols contenant des échantillons de *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis*. FAO/PNUD/RAB /88/024. Ghardaia, Algérie

Hakkou A., Bouakka M. (2004). Oasis de Figuig: l'état actuel de la palmeraie et incidence de la fusariose vasculaire (Bayoud). Sécheresse 15(2), p. 147-58.

Hakkou A., Khadija Chakroune, Mohammed Bouakka, Faiza Souna, Lurdes Cotxarrera; Marie Isabel Trillas. 2011. Effect of nitrogen sources on the composting of date palm (*Phoenix dactylifera*) by-products infected by *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis*. Advances in Environmental Biology. 2011, 5(7) : 1638-1646

Harrak, H., Chetto., A., 2001. Valorisation et commercialisation des dattes au maroc. Edition INRA 2001, Marrakech, Maroc, Ed. Alwatanian, 222p.

Hoitink, H.A.J., Boehm, M.J., Hadar, Y., 1993. Mechanisms of suppression of soilborne plant pathogens in compost-amended substrates. In: Science and engineering of composting: design, environmental, microbiological and utilization aspects. H.A.J. Hoitink and H.M. Keener edit. The Ohio State University.

Kada, A., Dubost, D., 1975. Le bayoud à Ghardaia. Bull. Agron. Saharienne, Algérie, 1(13): 29-61.

Killian, C., Maire, R., 1930. Le Bayoud, maladie du dattier. Bull. Soc. Hist. Nat. Agr., 21: 89-101.

Louvet, J., 1977. Observations sur la localisation des chlamydospores de *Fusarium oxysporum* dans les tissus des plantes parasitées. Travaux dédiés à G.Viennot-Bourgin, I.N.R.A., société Française de phytopathologie, Paris, 193-197.

Louvet, J., 1991. Que devons-nous faire pour lutter contre le Bayoud? Physiologie des arbres et Arbustes en zones arides et semi arides: Groupes d'Etudes d'Arbre, Paris-France, 337-346.

MARA., Ministère de L'agriculture et de la Reforme Agraire. 1976. Direction de la Recherche Agronomique. Rabat. Maladie et Ravageurs des plantes cultivées au MAROC. Tome I.

OEPP/EPPO, 2003. *Fusarium oxysporum* f.sp.*albedinis*. Bulletin, 33: 265-269.

Oihabi A., 1991. Etude de l'influence des mycorhizes à V.A. sur le Bayoud et la nutrition du palmier dattier. Thèse de Doctorat, Université Cady Ayad Marrakech Maroc

Owusu-Bennoah et Wild. (1979). Autoradiography of the depletion zone of phosphate around onion roots in the presence of vesicular-arbuscular mycorrhiza. New phytol. 84, 327-28.

Pereau-Leroy, P., 1958. Le Palmier dattier au Maroc. Min .Agric. Maroc, Service. Rech. Agron. et Inst Français Rech. Fruit Outre Mer, (I.F.A.C), 142 p.

Pereau-Leroy, P., 1957. Recherches d'un test de sensibilité des variétés des palmiers dattier à la fusariose. Fruits, 12 : 53-56.

Saaidi, M., 1979. Contribution à la lutte contre le Bayoud, fusariose vasculaire du palmier dattier. Thèse d'université. Dijon-France. 140pp.

Sabaou, N., Bounaga, N., Bounaga, D., 1983. actions antibiotiques, mycolytique et parasitaire de deux actinomycètes envers *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis* et autre formae spéciales. Can. J. microbiol., 29: 194-199.

Sabaou, N., Bounaga, N., 1987. Actinomycètes parasites de champignons: étude des espèces, spécificité de l'action parasitaire au *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis*. Can.J . microbio., 33: 445-451.

Sabaou, N., 1979. Le palmier dattier et la fusariose. VI: Antagonisme d'*Aspergillus flavus* vis-à-vis de **Fusarium oxysporum**. F.sp. *albedinis*. Bull. Soc. Hist. Afr. Nord., 68: 37-44.

Sabaou, N., Amir, H., Bounaga, D., 1980. Le palmier dattier et la fusariose. X. Dénombrement des actinomycètes de rhizosphère; leur antagonisme vis-à-vis de *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis*. Ann. Phytopathol, 12: 253-257.

Sabaou, N., 1980. Antagonisme de deux actinomycètes vis-à-vis du *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis* et d'autre champignon. Thèse de magister, U.S.T.H.B., Alger. In Maslohy My A. 1989.

Sedra, My.H., 1985. potentiel infectieux et réceptivité de quelques sols de palmeraie à la fusariose vasculaire du palmier dattier (Bayoud) causé par *Fusarium oxysporum*. F.sp. *albedinis*. Thèse de 3^{ème} cycle agronomie. IAV. Hassan II. Rabat. 99p.

Sedra, My.H., 1993. lutte contre le Bayoud, Fusariose vasculaire du palmier dattier causée par *Fusarium oxysporum*. F.sp. *albedinis* : sélection des cultivars et clones de qualité résistants et réceptivité des sols de palmeraies à la maladie. Thèse de doctorat d'état. Université Cadi Ayyad. Marrakech, Maroc. 128p

Sedra, My.H., 1995. Problèmes phytosanitaires du palmier dattier en Mauritanie et propositions de moyens de lutte. Rapport de mission d'expertise effectuée en Mauritanie du 8 au 16 juin 1995. Réseau de recherche & développement du palmier dattier (BI, FIAD, FADES, ACSAD /Syrie. Cité par Sedra,

Sedra, My.H., 2005a. la maladie du Bayoud du palmier dattier en Afrique du Nord: Diagnostic et caractérisation. Actes du symposium International sur le développement Durable des Systèmes oasiens du 08 au 10 mars. Erfoud Maroc. B. Boulanouar et C. Kradi (Eds).

Sedra, My.H. 1999a. Identification et caractérisation des cultivars du palmier dattier en Mauritanie. Rapport de mission de consultation d'expert, 30/6/99-23/7/99, OADA.

Sedra, My.H., 1999b. Prospection et importance du bayoud en Mauritanie et action urgentes à prendre pour lutter contre la maladie. Rapport de mission de consultation FAO effectuée du 19/10/99 au 18/11/99 en République Islamique de Mauritanie et proposition de projet de lutte contre le bayoud dans ce pays. Projet de Développement des oasis, phase II, FAO/UFT/MAU/020/MAU'.

Sedra, My.H. 2003. Le bayoud du palmier dattier en Afrique du nord, FAO, RNE/SNEA-Tunis. Edition FAO sur la protection des plantes. Imprimerie Signes, Tunis, Tunisie, 125p.

Sedra, My.H., 2005a. la maladie du Bayoud du palmier dattier en Afrique du Nord: Diagnostic et caractérisation. Actes du symposium International sur le développement Durable des Systèmes oasiens du 08 au 10 mars. Erfoud Maroc. B. Boulanouar et C. Kradi (Eds).

Sedra, My.H., Bah, N., 1993. La fusariose vasculaire du palmier dattier. Développement saprophytique et comportement du *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis* des différents sols de palmeraies. Al Awamia; 82 : 53-70.

Sedra, My H., Maslouhy, My A., 1995. La fusariose vasculaire du palmier dattier (Bayoud). II. Action inhibitrice des filtrats de culture de six microorganismes antagonistes isolés des sols de la palmeraie de Marrakech sur le développement in vitro de *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis*. Al Awamia, 90: 1–8.

Sedra, My.H., 1985. potentiel infectieux et réceptivité de quelques sols de palmeraie à la fusariose vasculaire du palmier dattier (Bayoud) causé par *Fusarium oxysporum*. F.sp. *albedinis*. Thèse de 3ème cycle agronomie. IAV. Hassan II. Rabat. 99p.

Sedra, My.H., 1996. Résultats de prospections effectuées dans la vallée Ait Mansour (Région de Tiznint-Taфраoute au sud du Maroc). Rapport de mission, INRA-Maroc.

Souna F., Ahmed Chafi, Khadija Chakroune, Imane Himri, Mohammed Bouakka, Abdelkader Hakkou, 2010. Effect of mycorrhization and compost on the growth and the protection of date palm (*Phoenix dactylifera* L.) against Bayoud disease. American-Eurasian Journal of Sustainable Agriculture. 2010, 4(2) : 260-267

Tantaoui, A., Ouinten, M., Geiger, J.P., Fernandez, D., 1996. Characterization of a single clonal lineage of *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis* causing Bayoud disease of date palm in Morocco. *Phytopathology*, 86 (7) : 787-792.

Tantaoui, A., 1993. Identification rapide et première évaluation de la variabilité du *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis* par la compatibilité végétative *Alawamia*, 82: 25-37.

Tinker, P.B. (1975). Effect of vesicular-arbuscular mycorrhizas on plant growth. In "Endomycorrhizas" (Eds FE SANDERS, B. MOSSE and P.B. TINKER, pp. 353-371. academic Press, London and New York)

Toutain, G., 1965. Note sur l'épidémiologie du Bayoud en Afrique du Nord. *Al awamia*, 15 : 37-45.

Veeken, A.H.M., Blok, W.J., Curci, F., Coenen, G.C.M., Termorshuizen, A.J., Hamelers, H.V.M., 2005. Improving quality of composted biowaste to enhance disease suppressiveness of compost-amended, peat-based potting mixes. *Soil Biology & Biochemistry*, 37: 2131-2140.