

L'oasis de Figuig : l'irrigation et la fusariose vasculaire (bayoud)

Boukka M. et Hakkou A.

*Labo. Biochimie, Dprt. Biologie, Fac. Sciences, Université Mohamed I,
60 000 Oujda, Maroc.*

ملخص

التساقطات المطرية بواحة فجيج نادرة، فهي لا تتعدى 100 مم سنويا. لذا يعتمد في سقي نخيل الواحة على مياه العيون الجوفية حيث تحتل فيها الخطارات 71% و الأبار 21% بينما تسقى 8% منها بأمطار الفيضانات الموسمية. وأهم الخطارات بالواحة : عين تزادرت التي تسقى لوحدها 39% من مجموع نخيل الواحة مقابل 31% للخطارات الأخرى.

قدرة الإصابة بمرض الفوزاريوم الوعائي يرتبط بنوع مورد المياه والترددات السقوية والمميزات الفيزيائية والكميائية لمياه السقي. فنخيل التمرالذي يسقى بكثرة هو الذي يصاب بسهولة بمرض البيوض. المياه الساخنة التي تتراوح درجة حرارتها ما بين 28 و 34 درجة وكذلك المياه الحامضة التي تتراوح حموضيتها ما بين 6 و 6,5 تساعدان على إصابة أصناف النخيل الحساس لفطر الفوزاريوم ويبدو أن الأبار الأكثر ملوحة تقلل من هذه الإصابة.

الكلمات المفتاحية : مياه السقي، مرض البيوض، نخيل التمر، واحة فجيج

Résumé

Les pluies dans l'oasis de Figuig sont rares, les précipitations atmosphériques sont très faibles et inférieures à 100 mm par an. Les palmeraies de l'oasis sont irriguées principalement par des sources souterraines: 71% des palmiers dattiers sont irrigués par les retaras (foggara), 21% par les puits et 8% par les eaux d'inondations pluviales (en bour). Parmi les retaras, la source Tzadert est la plus importante, puisqu'elle irrigue 39% de l'ensemble de la population phoenicicole de l'oasis contre 31% pour les autres retaras. L'enquête réalisée sur le terrain a révélé aussi que le degré d'attaque de la fusariose vasculaire dépend de la source d'eau, de la fréquence d'irrigation et de la qualité physico-chimique des eaux. Ainsi, les palmiers dattiers qui reçoivent beaucoup d'eau sont les plus vulnérables vis à vis du Bayoud. Les eaux chaudes (28 à 34°C) ou acides (pH de 6 à 6,5) favorisent l'attaque des variétés sensibles par le champignon pathogène. Les eaux de puits relativement chargées en sel semblent, cependant, affaiblir cette attaque.

Mots clés : Eaux d'irrigation, fusariose vasculaire (Bayoud), palmier dattier, oasis de Figuig.

Abstract

Rains in the oasis of Figuig are rare, the atmospheric precipitations are very weak (below 100 mms per year). Date palm groves of the oasis are irrigated mainly by the underground spring-water. Foggara occupy 71%, wells 21% whereas date palms irrigated by the pluvial floodings represent 8%. Among foggara, the Tzadert source is the most important, since it irrigates 39% of the whole of date palms of the oasis against 31% for the other foggara. The survey revealed that the degree of attack of the fusarium wilt depends on the source of water, the frequency of irrigation, and the physico-chemical quality of waters. Date palms that receive large amounts of water are the most vulnerable to the Bayoud. Hot waters (28 up to 34°C) or acidic one (pH 6 to 6.5) encourage the infection of sensible varieties by fungus pathgen. Water of wells, relatively loaded with salts, seems decreasing this attack.

Key words : Irrigation waters, *Fusarium wilt* (Bayoud), date palm, oases of Figuig.

Introduction

L'oasis de Figuig, à 900 m d'altitude, s'étend sur une quinzaine de kilomètres carrés, constituant ainsi un îlot de verdure entouré d'immenses étendues désertiques, parsemées de nomades pasteurs. Elle est parmi les plus anciennes oasis de la frange septentrionale du Sahara, sa localisation se caractérise par une situation bien particulière : aux portes du désert et sur les confins algéro-marocains à proximité immédiate de la frontière (latitude: 32° 07' N, longitude: 01° 14' W). Ses habitations sont regroupées dans sept Ksour : sur le plateau Nord on trouve Loudaghir, Lamâize, Ouled Slimane, Hammame Tahtani, Hammam Foukani et Laâbidate et au Sud, en contrebas de 30 mètres environ par rapport au précédent, le Ksar Zénaga. Ces Ksour sont tous liés entre eux par l'extension récente de l'espace bâti, sinon par les jardins plus ou moins verdoyants de la palmeraie proprement dite étendue sur une superficie totale de 700 hectares environ.

L'oasis de Figuig se trouve en plein domaine saharien, ni les précipitations atmosphériques très faibles (inférieures à 100 mm par ans) ni le cours de l'oued Zousfana, actuellement inexploité, ne permettraient d'irriguer les cultures de la palmeraie. Ce facteur de pluviométrie a d'ailleurs une répercussion directe sur les sources d'eau superficielles et souterraines mobilisées pour l'irrigation de la palmeraie de Figuig.

La palmeraie horticole de Figuig, dans presque sa totalité, est irriguée par des eaux souterraines, qui se situent dans leur quasi totalité dans la partie supérieure du bassin (BREIL et al. 1977). Ces eaux débouchent en surface, grâce à une trentaine de retaras, pour être réparties dans les différentes zones de la palmeraie. Le débit moyen de ces sources est de 200 à 220 litres par seconde (Source : Bulletin Officiel N° 3292 du 3 décembre 1975, pp. 1395-1426), qui est beaucoup plus faible aujourd'hui à cause de la sécheresse, et l'abandon de plusieurs de ces retaras en témoigne. Cette quantité d'eau doit normalement subvenir aux besoins de 650 hectares irrigués de la palmeraie (BENCHERIFA et POPP 1990). Mais la réalité est autre. Malgré le creusement de quelques dizaines de puits, le manque d'eau et la qualité médiocre de celle pompée à partir de ces puits ont laissé des traces désolantes sur une palmeraie jadis luxuriante.

Malgré son importance sur le plan agronomique et ses potentialités en ressources phytogénétiques, la palmeraie de Figuig reste l'exemple le plus frappant du type de palmeraies mal connues au Maroc. Cette palmeraie possède de bonnes capacités pour effectuer une phoeniciculture assurant un rendement satisfaisant, mais trois facteurs entravent son développement :

- Les méthodes culturales et de traitement des dattes qui sont toujours archaïques.
- La rareté des eaux d'irrigation.
- Le Bayoud. Cette palmeraie comme toutes les palmeraies marocaines subit les conséquences d'une maladie dévastatrice, la fusariose vasculaire, qui attaque préférentiellement les variétés de bonne qualité dattière prêtes à la commercialisation (KILLIAN et MAIRE 1930, PEREAU LEROY 1958). Cette maladie touche actuellement environ 4,3% de la population phoenicicole de l'oasis (tableau 2).

Par des observations sur le terrain et sans donner de chiffres, plusieurs auteurs ont montré l'importance des eaux d'irrigation dans la propagation du Bayoud (PEREAU LEROY 1958, LOUVET et al. 1970). L'abondance d'eau d'irrigation, sur des palmeraies riches en variétés sensibles au Fusarium, est à l'origine des formes épidémiques graves de la fusariose vasculaire. Les

parcelles bien entretenues, donc bien irriguées, sont beaucoup plus exposées aux attaques meurtrières de la fusariose vasculaire.

Les parcelles dans l'oasis sont plus ou moins bien irriguées en fonction de l'eau disponible, de la localisation de la parcelle et des cultures associées conduites. Aussi, les analyses physico-chimiques montrent que les eaux d'irrigation de la palmeraie de Figuig sont extrêmement variées, par voie de conséquence leur incidence sur la prolifération et la virulence du *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis* sera différente.

Dans cet article nous :

- analysons la place de chaque type de source d'eau dans le système d'irrigation de la palmeraie,
- étudions l'effet des eaux de ces sources, du point de vue qualitatif et quantitatif, sur l'infestation de la palmeraie par le champignon pathogène,
- analysons aussi l'incidence du Bayoud dans les zones abandonnées, ou en Bour, inondées sporadiquement par les eaux superficielles des pluies.

Matériel et méthodes

Enquête sur le terrain

Les résultats de ce travail ont été tirés à partir d'une grande enquête réalisée au cours de l'an 2000 dans les palmeraies de l'oasis de Figuig.

Pour l'échantillonnage, nous avons pris en considération les différentes caractéristiques de l'oasis :

- La répartition de la palmeraie entre les différents Ksour de l'oasis : l'enquête a touché l'ensemble des Ksour de l'oasis.
- Les sources et la qualité des eaux d'irrigation.
- Le degré d'entretien des parcelles.
- Les zones irriguées ou menées en Bour.
- La localisation des parcelles dans des zones des différents Ksour.

La fiche de prospection sur le terrain a été établie dans le but de collecter le maximum de renseignements sur la parcelle :

- La situation de la parcelle dans la palmeraie, sa superficie et le nom du propriétaire.
- Les caractéristiques des différentes variétés du palmier dattier de l'oasis ainsi que celles des francs : nombre, âge, nombre de rejets par pieds, nombre de pieds atteints par le Bayoud, production par pied, précocité et qualité des francs.
- La population en pieds mâles.
- La population des autres arbres fruitiers.

- Les sources en eau d'irrigation et les fréquences d'irrigation.
- Le degré de pollution des eaux d'irrigation passant par les lavoirs à linge.
- Le mode cultural : densité, cultures associées et degré d'entretien des parcelles.
- La superficie totale de la palmeraie de Figuig est d'environ 700 hectares, l'enquête a couvert 167 hectares, soit 24 % de l'ensemble de la palmeraie. L'enquête a duré 10 mois et a mobilisé 20 étudiants universitaires, originaires de l'oasis, ayant une connaissance parfaite du terrain et de la phoeniciculture dans l'oasis.
- L'enquêteur, après deux semaines de formation sur le terrain, a été appelé à bien remplir le questionnaire dans la parcelle, en présence du propriétaire, à défaut de l'agriculteur qui s'occupe de la parcelle. Il faut noter, qu'au total, les enquêteurs ont visité 1065 parcelles réparties sur 87 zones.
- Les données de l'enquête ont été traitées à partir du tableur " Excell 2000 " sur un ordinateur IBM C72.

Analyses physico-chimiques des eaux d'irrigation des différentes sources d'eau de l'oasis.

Les prélèvements des eaux d'irrigation ont été effectués sur plusieurs sources de différentes zones de la palmeraie (tableau 1). Chaque échantillon de 2 litres a été prélevé dans des flacons en plastique propres fermés avec des bouchons en polyéthylène et conservés au froid à 4°C.

Ces eaux ont subi les mesures physico-chimiques suivantes (RODIER 1984) :

- Mesure de la température à la sortie de la source ;
- Mesure de pH à température ambiante ;
- Mesure de la conductivité électrique
- Dosage des chlorures par la méthode de Mohr
- Dosage des composés phosphorés par la méthode colorimétrique
- Dosage de l'anhydride carbonique par la méthode volumétrique
- Dosage du calcium par la méthode gravimétrique
- Dosage des nitrites par la méthode au réactif de Zambelli
- Dosage de l'ammonium par la méthode au réactif de Nessler.

Nous avons réparti les sources d'eau d'irrigation en trois catégories :

- La source Tzadert, vu son importance dans l'oasis, puisqu'elle irrigue environ 40% de la palmeraie.
- Retaras, les autres sources artésiennes souterraines qui irriguent en majorité les palmeraies des hauts Ksour : Hammam Foukani, Hammam Tahtani, Laâbidate, Loudaghir, Lamâize et Ouled Slimane.
- Les puits.

Tableau 1. Les eaux des sources prélevées et analysées

Source	Nature	Ksar	Zone
Puit Darti	Puits	Zénaga	Berkoukes
Puit Debchi	Puits	Zénaga	Baghdad
Puit Sellame	Puits	Zénaga	Sidi Malek
Bassin Tizi	Forage	Zénaga	Berkoukes
Eau de robinet	Forage	Ville Figuig	Toute la ville
Oussiémame	Retaras	Zénaga	Oussiémame
Mimoune	Retaras	Laâbidat	Laâbidat
Chiblachi	Retaras	Laâbidat	Laâbidat
Tzadert	Retaras	Zénaga	Zénaga
Bahbouha	Retaras	Loudaghir	Loudaghir
Ifli Tajammalt	Retaras	Hammam Foukani	H. Foukani
Ifli Tchrimni	Retaras	Lamâize	Lamâize
Ifli Ntgrnite	Retaras	Lamâize	Lamâize
Ifli Marni	Retaras	Ouled Sliman	Oulad Slimane
Loudarna	Retaras	Ouled Sliman	Oulad Slimane
Ifli Maghni	Retaras	Zénaga	Aghir nataoud
Ifli Jdid	Retaras	Hammame Tahtani	H. Tahtani

Résultats

Niveau d'entretien de la palmeraie et incidence de la fusariose vasculaire

Les résultats de recensement de la population phoénicicole de la palmeraie de l'oasis de Figuig montrent que (voir tableau 2) :

□ L'effectif total des palmiers dattiers est d'environ 190000 pieds, ce qui représente environ 4.5% de l'ensemble des palmiers dattiers au Maroc. Cette population est estimée à 4,25 millions de pieds (HADDOUCH, 1996).

□ Le phénomène de l'abandon des terres est perceptible et s'aggrave d'une année à une autre. Actuellement, environ 16% des palmiers sont abandonnés, ils ne reçoivent aucun soin et ne sont ni irrigués ni entretenus. Ces palmiers se trouvent soit dans des parcelles complètement abandonnées (8,3%) soit dans les zones en Bour (8%).

□ Les palmiers entretenus sont insuffisamment irrigués et reçoivent de soins que pendant la période de pollinisation et ceci à condition qu'ils fructifient. Cette classe regroupe la majorité des palmiers dattiers (66,5%). Ces palmiers sont caractérisés par un nombre élevé de rejets à la base du stipe, deux ou trois rangs de palmes sèches, leur sol est labouré une fois par an. Quelques cultures associées pendant la période hivernale où l'eau ne fait pas défaut. La parcelle est généralement propre.

□ Les palmiers bien entretenus ne représentent que 17,2%. Cette classe reçoit suffisamment d'eau, de fumier et beaucoup de soins. Leurs stipes sont bien nettoyés, les rejets sont rares et les cultures associées sont nombreuses et variées toute l'année.

□ Les proportions des palmiers atteints par le Bayoud augmentent avec le degré d'entretien des parcelles. Elles passent de 5,8% dans les parcelles bien entretenues à 3% dans les parcelles abandonnées. Les parcelles entretenues ont un taux de 4,2% équivalent à la moyenne générale de la palmeraie, par contre, les zones en bour sont les moins touchées avec un pourcentage de 2,1%.

Tableau 2. Degré d'entretien de la palmeraie de Figuig

	Nombre de pieds	En %	Nombre de pieds atteints par le Bayoud	En %
Bien entretenu	32 438	17,19	1 892	5,83
Entretenu	125 529	66,51	5 408	4,31
Abandonné	15 645	8,29	461	2,95
Bour	15 117	8,01	314	2,08
Total	188 729	100,00	8 075	4,28

Bour : zones irriguées sporadiquement par des eaux des inondations pluviales.

Importance des sources d'irrigation dans la palmeraie de Figuig

Les palmiers dattiers de l'oasis de Figuig sont irrigués à 39,3% par les eaux de la source Tzadert, le reste est partagé par les autres retaras 31,3% et les puits 21,4%. L'effectif des palmiers dattiers des zones en Bour occupe environ 8% (figure 1).

Les zones les plus touchées par le Bayoud sont celles qui sont irriguées par les eaux de Tzadert (6,35% des palmiers dattiers sont touchés), suivies de celles irriguées par les puits (4%), puis celles irriguées par les retaras (2,4%) (figure 1). Les zones en bour restent les moins touchées (2,1%).

L'effet quantitatif des eaux d'irrigation

L'irrigation dans la palmeraie horticole de Figuig se fait uniquement par submersion à raison de 420 à 550 m³ par hectare et par irrigation. Les fréquences d'irrigation des parcelles sont essentiellement au nombre de quatre (figure 2), l'irrigation se fait soit chaque:

- semaine et c'est le cas de 31% des palmiers dattiers de l'oasis,
- deux semaines et concerne plus que la moitié des parcelles, soit 59% des palmiers de la palmeraie,

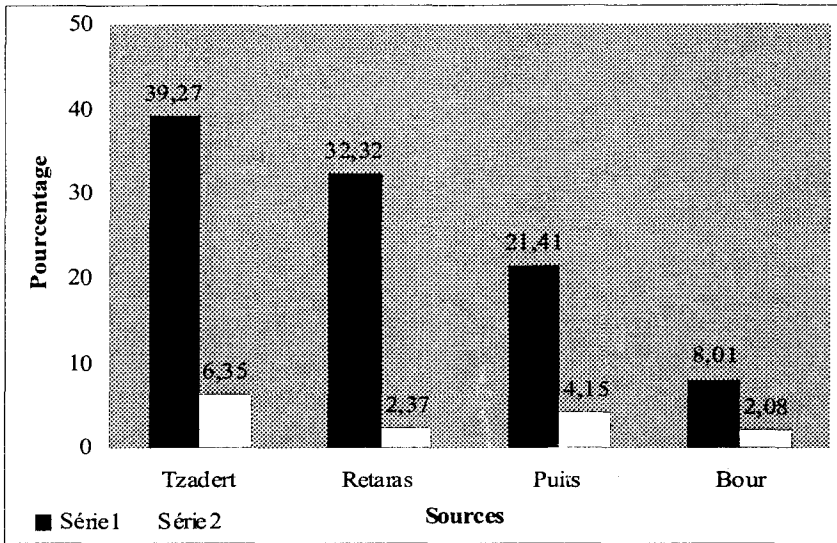


Figure 1 : Importance des sources d'irrigation dans la palmeraie de Figui en relation avec le degré d'attaque par le Bayoud.

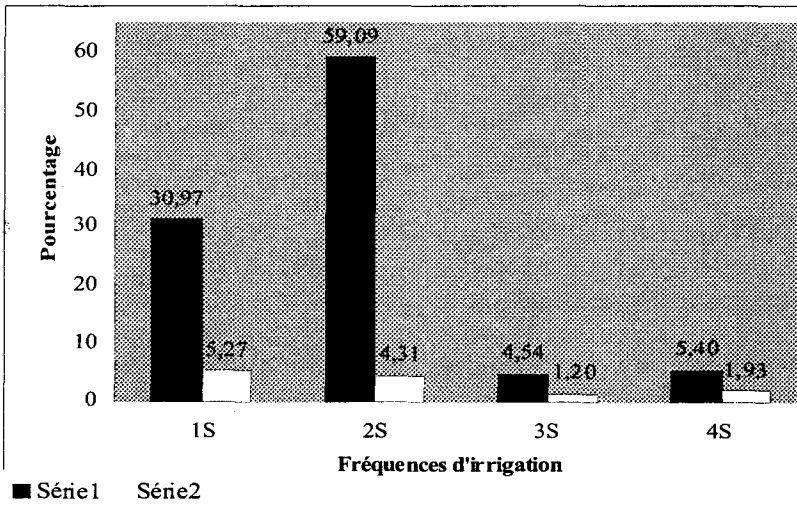


Figure 2 : Fréquences d'irrigation dans la palmeraie de Figui et relation avec le degré d'attaque par la fusariose vasculaire.

□ trois semaines et ne concerne que 4,5%. Cette fréquence est peu utilisée dans l'oasis, du fait que le partage des eaux entre les propriétaires se fait par 15 jours.

□ quatre semaines, là aussi, la fréquence est peu utilisée, elle ne concerne que 5,5% de la population des dattiers. Cette fréquence est d'une durée très longue, elle apporte environ 600 mm par an, ce qui est loin des besoins réels du palmier dattier en eau. On ne l'utilise, souvent, que pour sauver l'arbre d'une mort certaine due au manque d'eau.

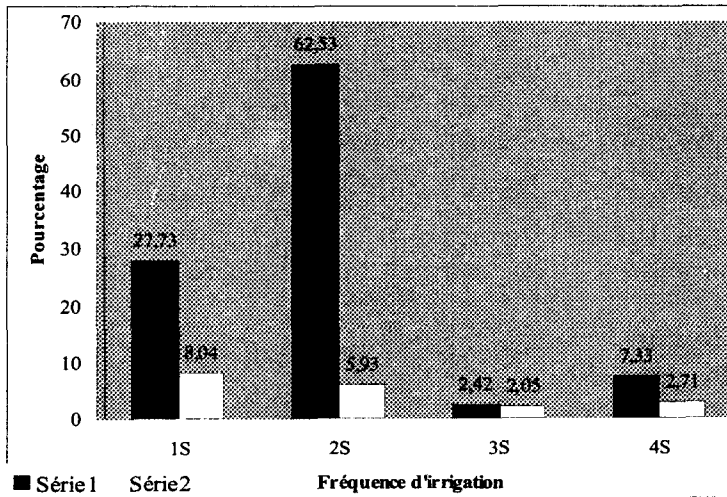


Figure 3 : Fréquences d'irrigation par la source Tzadert et relation avec le degré d'attaque par la fusariose vasculaire.

Le degré d'attaque par *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis* est fonction de la quantité d'eau fournie au palmier dattier. Ainsi, chaque fois que la fréquence d'irrigation est grande, chaque fois que le nombre de palmiers touchés est élevé, on passe de 5,3% pour les palmiers irrigués par semaine à 1,2% pour ceux irrigués par trois semaines. Il faut, toutefois, remarquer que les palmiers irrigués tous les mois (1,9%) sont plus touchés que ceux irrigués toutes les trois semaines (figure 2). Ceci peut s'expliquer par une surestimation du nombre des pieds malades, du fait que l'enquêteur peut confondre les symptômes de la fusariose vasculaire avec le dessèchement naturel des palmes du à l'insuffisance hydrique pour la population irriguée par mois.

Si on analyse l'importance de chaque type de source dans le système d'irrigation de la palmeraie, on constate que :

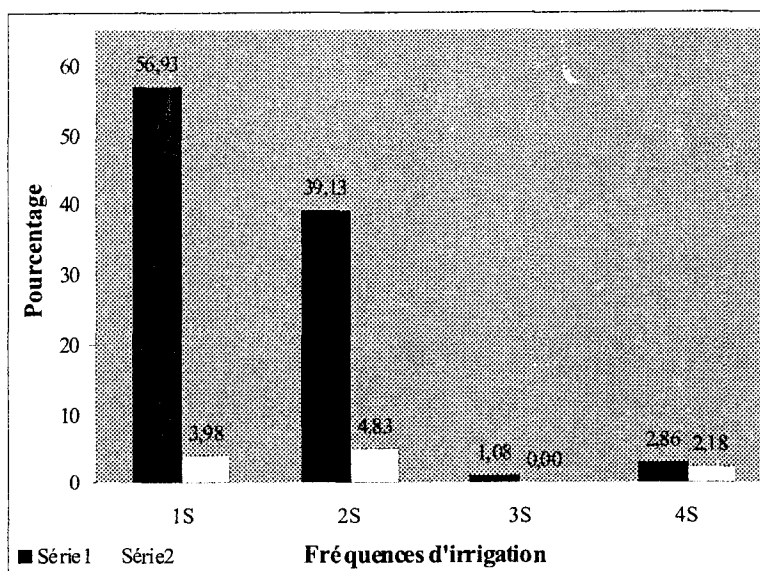


Figure 4 : Fréquences d'irrigation par les eaux de puits et relation avec le degré d'attaque par la fusariose vasculaire.

S : semaine

Série 1 : pourcentage des pieds irrigués

Série 2 : pourcentage des pieds atteints

□ 27,7% des palmiers irrigués par la source Tzadert (figure 3) reçoivent de l'eau chaque semaine, 62,5% chaque deux semaines, 2,5% chaque 3 semaines et 7,3% tous les mois. Le degré d'attaque par la fusariose vasculaire dépend de la quantité d'eau apportée à la parcelle. Les palmiers dattiers les mieux irrigués sont les plus touchés par le Bayoud que les pieds les moins irrigués (figure 3). Ainsi, à titre d'exemple, 8% et 2% des dattiers irrigués respectivement par semaine et par trois semaines sont atteints par la maladie.

□ Les palmiers irrigués par l'eau pompée dans les puits (figure 4), reçoivent plus d'eau que ceux irrigués par Tzadert ou par les autres retaras, puisque 57% de ces palmiers sont irrigués par semaine et 39% par quinzaine. La proportion des pieds atteints par le Bayoud (figure 4) est identique à la moyenne de la palmeraie et elle est très faible pour les palmiers qui reçoivent peu d'eau (3 ou 4 semaines). Par contre, on note bien ici que ce sont les palmiers irrigués par quinzaine qui sont les plus touchés (4,8%).

□ A l'inverse des palmiers irrigués par l'eau des puits, 68% de ceux irrigués par l'eau des retaras reçoivent de l'eau chaque quinzaine. Il n'y a que 17,5% qui sont irrigués chaque semaine (figure 5). Le taux des palmiers atteints par la fusariose vasculaire est très faible (figure 5), il est

d'environ 2,5% pour les palmiers irrigués par semaine et par quinzaine, donc inférieur à la moyenne générale de la palmeraie. Les palmiers irrigués par 3 semaines ou par mois ne sont pas touchés par le Bayoud.

Analyses physico-chimiques des eaux d'irrigation de la palmeraie de Figuig.

Le pH de l'eau reflète indirectement la composition d'eau en particules susceptibles d'influencer l'acidité ou l'alcalinité de cette eau. Les résultats sont rassemblés dans le tableau 3. Il ressort que :

□ Les sources ayant une eau alcaline sont : la source d'Oussieman (pH = 8.32), le bassin Mimoune et Chiblahi de Ksar Laâbidate (pH = 8), eau potable de l'oasis de Figuig (pH = 7.7). Ces sources sont toutes situées au Nord-Ouest de l'oasis.

□ Les sources ayant une eau acide sont : les retaras de Ouled Slimane (pH = 6.16 à 6.23), Tzadert et Maghni de Ksar Zénaga (pH = 6.27 à 6.45) et Bahbouha de Loudaghir (pH = 6.52). Il faut noter que les sources Tzadret et Bahbouha ont un débit important et irriguent, toutes les deux, environ 50% de la palmeraie de Figuig.

□ Les eaux des autres sources ont un pH proche de la neutralité situé entre 6,76 et 7,5. On trouve dans cette catégorie de sources essentiellement des puits et les retaras des Ksour Hammame Tahtani et Hammame Foukani.

Les eaux d'irrigation de la palmeraie de Figuig peuvent être classées en deux catégories en fonction de leurs températures (tableau 3) :

□ Les eaux froides qu'on retrouve essentiellement dans les puits 22 à 25°C et dans la source d'Oussieman (24°C). Ces eaux ne sont pas profondes et, pour les puits, elles sont pompées à des profondeurs qui ne dépassent pas les 30 m.

□ Les eaux chaudes, qu'on retrouve dans la majorité des retaras, leurs températures à la sortie sont situées entre 28 et 34°C. Cette température montre que l'origine de ces eaux est profonde.

L'irrigation se fait soit :

□ Directement, dans ce cas, l'eau passe directement de la source à la parcelle.

□ Indirectement, dans ce cas, l'eau séjourne dans des bassins réservoirs avant d'arriver dans la parcelle.

Tableau 3. Composition chimique des eaux de quelques sources de l'oasis de Figuig

Source	Température en °C	pH	Conductivité en $\mu\text{S}/\text{cm}$	Chlorure de sodium en mg/l	Anhydride carbonique libre en mg/l	Calcium en mg/l
Puit Darti	25	6.76	2 670	994	0	26
Puit Debchi	22.5	7.03	5 120	1971	11	11
Puit Sellame	22.5	6.86	8 550	4159	29	26
Bassin Tizi	29	7.45	2 050	953	2	19
Eau de robinet	30	7.70	2 060	801	2	17
Oussiemane	24	8.32	660	117	0	4
Mimoune	23	7.98	2 050	752	9	17
Chiblahi	28	7.95	2 670	1246	4	19
Tzaderte	32	6.47	1 896	515	0	17
Bahbouha	28	6.52	1 940	1076	0	16
Ifli Tajammalt	34	7.51	2 140	866	3	19
Ifli Tchrimni	28	7.48	2 010	1106	11	19
Ifli Ntgrmite	28	7.57	2 200	983	7	25
Ifli Marni	31	6.23	2 070	766	6	20
Loudarna	30	6.16	2 000	1340	2	20
Ifli Maghni	31	6.25	2 030	895	7	20
Ifli Jdid	32	7.44	1 980	877	4	18

La figure 6 montre, pour le cas de la source Tzadert, que les palmiers irrigués directement de la source avec une eau chaude d'environ 32°C sont plus touchés par la fusariose vasculaire (8.3%) que ceux irrigués indirectement (6%).

La conductivité d'eau reflète la concentration d'ions dans l'eau, plus la concentration en ions est élevée plus sa conductivité électrique est grande. Les eaux d'irrigation de la palmeraie de Figuig ont une conductivité relativement élevée (tableau 3). En général, les sources artésiennes ont une conductivité qui oscille entre 2000 et 2200 micro-Siemens par centimètre ($\mu\text{S}/\text{cm}$). La source Oussiemane présente une exception, puisque son eau a une conductivité électrique la plus basse dans la palmeraie (environ 660 $\mu\text{S}/\text{cm}$).

Les eaux pompées dans les puits ont une conductivité électrique très élevée, l'exemple de l'eau de puit Sellam qui a une activité de 8550 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et celle de puit Debchi est de 5120 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Ces eaux, très salées, ont des répercussions négatives sur la croissance et le développement des plantes.

Nous avons effectué un certain nombre de dosages sur les eaux prélevées dans l'oasis de Figuig. Ces analyses ont montré que ces eaux sont exemptes de nitrite, de composé phosphoré et de composé ammonium. Le tableau 3, rassemble les résultats des dosages obtenus pour d'autres éléments.

La richesse des eaux en chlorure est déjà montrée par la valeur de la conductivité électrique. Cette dernière reflète bien la concentration des sels dans ces eaux.

L'anhydride carbonique est trouvé essentiellement dans l'eau des puits salés (de 11 à 29 mg/l), mais complètement absent dans les eaux des sources Tzadert, Bahbouha et Oussiemane.

Les eaux des retaras sont riches en calcium et contiennent en moyenne 17 à 20 mg/l (voir tableau 3). La source Ousiemane présente, là encore, une exception puisque son eau ne contient que 4 mg/l.

Discussion

La palmeraie de l'oasis de Figuig reste toujours menacée par la fusariose vasculaire. Les résultats de l'enquête révèlent que le pourcentage moyen de destruction est de 4,3%. Ce pourcentage varie avec le degré d'entretien des parcelles. Les palmiers des parcelles les mieux entretenues sont les plus touchés par la fusariose vasculaire : environ 6% de ces palmiers sont attaqués contre 2 à 3% dans les parcelles des zones abandonnées. Dans les palmeraies de Drâa, pendant la campagne 1980-1981, ce pourcentage d'attaque allait de 5% dans la palmeraie de Ternata à 12,2% dans celle de Tinzouline (DJERBI et al., 1985). Dans le domaine de Nebch à Zagora, en suivant la propagation du Bayoud dans une parcelle, TOUTAIN (1970) a constaté que la plantation a été détruite en 14 ans avec une progression annuelle moyenne de 6%. Ce phénomène d'extension de la maladie est lié aux conditions culturales. Des irrigations importantes engagées souvent pour répondre aux besoins des cultures intercalaires, augmentent le degré d'attaque du champignon pathogène et favorisent l'extension rapide de la maladie (TOUTAIN, 1970).

La palmeraie de Figuig est irriguée principalement par des sources souterraines, les retaras occupent 77% et les puits 23%. La source Tzadert est la plus importante, puisqu'elle irrigue 39% de l'ensemble de la population phoénicienne de l'oasis contre 31% pour les autres retaras. Les parcelles irriguées par Tzadert sont les plus touchées par la fusariose vasculaire. Cette différence, dans le degré de l'attaque de la fusariose en fonction de la source, peut être expliquée par :

- la différence des quantités d'eau mobilisées pour les parcelles irriguées par ces sources,
- la qualité physico-chimique des eaux de ces différentes sources,
- le degré de sensibilité des variétés irriguées par ces eaux au *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis*.

Dans la palmeraie de Figuig, presque 60% des palmiers dattiers sont irrigués tous les quinze jours et 31 % toutes les semaines. Le degré d'attaque du champignon pathogène est fonction de la fréquence d'irrigation. Chaque fois que la quantité d'eau apportée au palmier dattier est grande, chaque fois qu'il est plus touché par la fusariose vasculaire (figure 2). Il est bien connu que le passage de la forme endémique du *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis* à la forme épidémique est étroitement lié à l'intensité d'irrigation du palmier dattier (PEREAU LEROY 1958, LOUVET et al. 1970). Une irrigation abondante qui se pratique dans les parcelles bien entretenues, qui est due en grande partie aux cultures associées très exigeantes en eau, favorisera automatiquement le degré d'attaque par *Fusarium*. A l'inverse, les parcelles, mal irriguées ou complètement abandonnées, sont relativement épargnées par rapport aux parcelles bien entretenues. Des auteurs ont montré que la présence des cultures intercalaires pérennes comme le Henné et la Luzerne pourrait augmenter la densité du *Fusarium* dans le sol (BULIT et al. (1967) ; DJERBI et EL GHORFI (1984)). Par contre, TANTAOUI (1993) a montré que les cultures

“porteurs sains“ ne semblent pas favoriser la multiplication et la dispersion de la forme spéciale *albedinis* dans le sol.

L'effet quantitatif de l'eau sur la virulence du champignon pathogène est caractéristique de la source d'irrigation. La source Tzadert irrigue principalement la palmeraie de Ksar Zénaga ; les fréquences d'irrigation sont les mêmes que celles constatées précédemment pour l'ensemble des sources. Par contre, l'attaque par la fusariose vasculaire est plus prononcée aussi bien pour les pieds irrigués par semaine (8%) que pour ceux irrigués par quinzaine (6%) (figure 3). Ceci prouve qu'en plus de la quantité d'eau d'irrigation, il y a d'autres facteurs qui interviennent pour expliquer ce taux élevé des pieds atteints dans les parcelles irriguées par la source Tzadert. Nous verrons plus bas, que la qualité physico-chimique des eaux d'irrigation a une influence sur le degré d'attaque par *Fusarium pathogène* responsable de la maladie.

Les autres retaras irriguent principalement les palmeraies horticoles des hauts Ksour. Du fait de faibles quantités d'eau disponibles, il n'y a que 18% des palmiers qui reçoivent de l'eau par semaine cependant environ 70% sont irrigués par quinzaine. Ce qui pourrait expliquer le taux faible des pieds atteints (2,4%) (figure 1). Ces palmeraies souffrent beaucoup de cette insuffisance d'eau et plusieurs parcelles sont abandonnées, alors que l'irrigation de ce qui reste est mieux gérée. Ces fréquences d'irrigation ne peuvent pas à elles seules expliquer ce taux faible d'attaque puisque même les pieds irrigués par semaine sont peu touchés par la fusariose vasculaire. Les pratiques culturales qui ne sont pas les mêmes dans différents Ksars de l'oasis (BENCHERIFA et POPP, 1990), la nature physico-chimique et microbiologique des sols et même la situation géographique de la parcelle pourraient influencer le degré d'attaque par le champignon pathogène.

A l'inverse de ce que nous avons constaté précédemment pour les palmiers irrigués par les retaras, les parcelles irriguées par les puits reçoivent beaucoup plus d'eau, puisque 57% des pieds sont irrigués par semaine. Cette abondance d'eau est due au fait que souvent le puit est la propriété d'une personne ou d'un groupe d'associés, libres de gérer et de distribuer l'eau comme bon leur semble. Alors que la distribution des eaux de Tzadert et des autres retaras est bien organisée (BENCHERIFA et POPP 1990). En effet, la quantité d'eau reçue par parcelle et par quinzaine est constante quelles que soient les circonstances. Dans ce cas, le phoéniculteur doit optimiser au maximum la gestion de son eau.

Contrairement à ce que nous avons constaté concernant la relation entre la quantité d'eau d'irrigation et le degré d'attaque par l'agent pathogène, dans le cas des puits, ce sont les pieds irrigués par quinzaine qui sont relativement plus touchés par le Bayoud que ceux irrigués par semaine (figure 4).

Il faut noter que les premiers puits creusés dans l'oasis ont fait leur apparition au début des années soixante. Les palmiers dattiers irrigués par cette nouvelle source sont généralement très jeunes, les plus âgés ont à peine 40 ans. Aussi, la qualité de ces eaux est médiocre puisqu'elles sont trop chargées en sels. Ces facteurs influencent-ils le degré d'attaque par *Fusarium* vis-à-vis de cette population de dattiers ?

La température optimale de la croissance du *Fusarium oxysporum* f.sp *albedinis* est de 28°C, cette croissance peut aussi se poursuivre à températures ambiantes (8 à 12°C l'hiver jusqu'à 30 à 37°C l'été). La température optimale du développement des *Fusarium oxysporum* se situe entre 27 et 30°C, cette température a une influence sur la répartition géographique des formes

spéciales de ces champignons (BURGESS 1981). La prolifération de la forme spéciale *albedinis* dans l'Afrique du Nord est optimisée donc par son climat favorable.

Dans l'oasis de Figuig, le passage de l'eau depuis la source jusqu'à la parcelle se fait soit :

□ directement, dans ce cas les palmiers dattiers reçoivent de l'eau ayant une température équivalente ou proche de celle mesurée dans la source (tableau 3).

□ Indirectement, l'eau séjourne dans un bassin avant d'arriver à la parcelle. Dans ces conditions, l'eau prend la température ambiante qui peut aller des fois à des extrêmes. En effet, dans l'oasis de Figuig, il règne un climat très chaud en été, les températures moyennes de Juillet en Août sont de 42 à 45°C et très froid en hiver autour de 3°C en Décembre (BENCHERIFA et POPP 1990).

Dans le cas des parcelles de Ksar Zénaga irriguées par la source Tzadert (figure 6), 15% des palmiers sont irrigués directement et 85% indirectement. Nous constatons bien que les pieds irrigués directement par l'eau à 32°C sont les plus touchés par la fusariose vasculaire (8.3% sont atteints). Cette eau pourrait favoriser la prolifération du champignon pathogène en réchauffant le sol pendant l'hiver et en la refroidissant pendant l'été. MALENÇON (1947) a montré que *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis* a une température optimale entre 21 à 27,5°C et que sa crois-

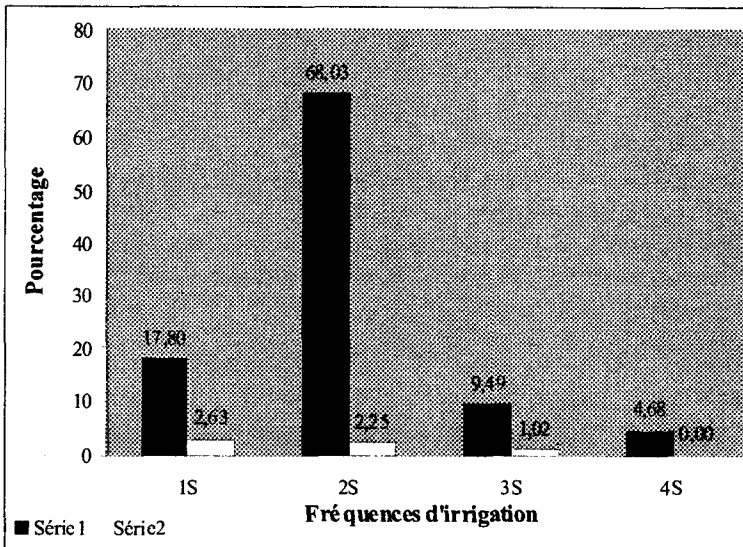


Figure 5 : Fréquences d'irrigation par les autres retaras (foggaras) et relation avec le degré d'attaque par la fusariose vasculaire.

sance commence déjà à 7°C et s'arrête aux températures supérieures à 37°C. PEREAU LEROY (1958) a constaté que les températures des sols de Zagora et de Ksar Essouk (Errachidia) sont favorables pendant une bonne partie de l'année à la prolifération du *Fusarium*. Cet auteur a précisé aussi que c'est lorsque l'humidité et la température optimales sont réunies, surtout pendant l'été, que le Bayoud fait ses ravages. Il faut noter que la virulence des *Fusarium* dépend de la

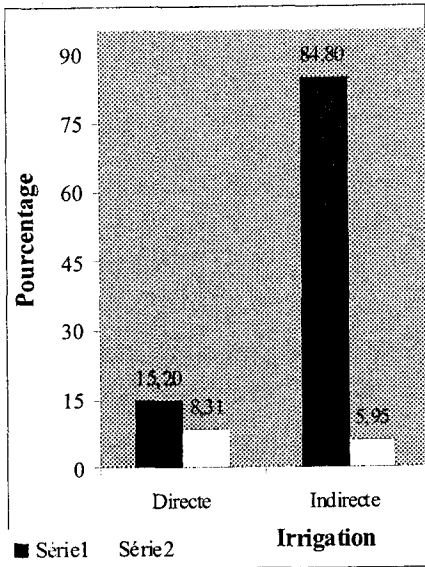


Figure 6 : Type d'irrigation par la source Tzadert et relation avec le degré d'attaque par le Bayoud.

température du milieu, ces champignons sont plus dangereux dans un intervalle de température allant de 20°C à 35°C (MESSIAEN et MAS 1969). La température influence aussi la germination des chlamydozoospores du *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis*, puisqu'elle n'est inhibée qu'à 60°C (BOUNAGA 1975).

Le pH optimum de la croissance du *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis* est généralement acide de 3,5 à 5,7. Nos résultats (tableau 3) montrent que les parcelles les plus touchées par le Bayoud sont celles irriguées par les eaux légèrement acides, l'exemple des pieds irrigués par la source Tzadert. Alors que les eaux d'autres retaras et des puits caractérisées par des pH neutres ou légèrement basiques ont moins d'effet sur la virulence de l'agent pathogène (figure 1). D'autres auteurs ont montré que les différences de comportement entre les palmeraies vis-à-vis du Bayoud ne semblent pas liées à des conditions tels que le climat, la composition variétale et l'historique de la palmeraie. Mais elles sont liées aux caractéristiques physico-chimiques et micro-biologiques du sol (COOK et NAKER 1983, MONFORT 1983, SEDRA 1993). Donc le pH du sol pourrait intervenir aussi bien dans la multiplication du *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis*, que dans sa virulence vis-à-vis du palmier dattier.

Fusarium oxysporum f.sp. *albedinis* peut supporter des concentrations relativement élevées du sel et exige même la présence du chlorure de sodium dans son milieu de culture. Mais à des concentrations élevées ce composé devient néfaste aussi bien pour le champignon que pour son hôte le palmier dattier. Les eaux d'irrigation de l'oasis de Figuig ne sont pas de bonne qualité (JUNGFER 1990). Les études effectuées par cet auteur au cours des années quatre vingt ont démontré que la qualité d'eau dans la zone des sources est relativement stable. Les concentrations du chlorure de sodium dans ces eaux d'irrigation ou leurs conductivités électriques (tableau 2) confirment bien que ces eaux sont relativement chargées en sels. Les plus chargées sont celles

pompées dans des puits qui ont une concentration de 2 à 4 g/l. L'irrigation par des eaux saumâtres ou salées, a provoqué des dégâts importants sur le palmier dattier et sur d'autres cultures. La zone Berkkoukes (dans la palmeraie de Zénaga) est un exemple frappant d'une catastrophe qui a touché environ 40 ha peuplés par des bonnes variétés. La cause principale est sans doute, l'irrigation par une eau dont la teneur en sel est très élevée (19000 S/cm selon JUNGFER 1990). Actuellement, ces puits ne sont plus fonctionnels grâce à l'alimentation de la zone par une eau relativement douce puisée dans un nouveau forage (Tizi) à quelques kilomètres de la palmeraie (tableau 2). Heureusement que c'est n'est pas le cas de tous les puits de l'oasis, puisque ceux qui sont situés à l'ouest et au sud-ouest de l'oasis ont des conductivités plus basses (JUNGFER 1990). En général, le taux d'attaque des palmiers irrigués par semaine est légèrement inférieur à celui relatif aux palmiers irrigués par quinzaine (figure 4). Ce phénomène pourrait être expliqué par l'affaiblissement des activités et du pouvoir pathogène du *Fusarium* par l'accumulation du sel dans le sol ainsi irrigué abondamment.

En faisant une analyse globale de nos résultats, nous constatons que l'eau d'irrigation par sa qualité et sa quantité intervient dans le phénomène de développement du *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis* et l'infestation des sols des parcelles par ce champignon. Cet effet est modulé par d'autres facteurs comme la nature des sols, l'historique des différentes palmeries horticoles de l'oasis, la population variétale de l'oasis et les méthodes culturales appliquées à la phoeniciculture figuiguienne. Cette enquête nous permet d'établir une stratégie détaillée et faisable pour la conduite de l'irrigation dans l'oasis de Figuig et dans d'autres oasis similaires et ceci dans le but de contribuer à la lutte contre la fusariose vasculaire et la salinité des sols et à la rationalisation de l'utilisation des eaux d'irrigation. Toutefois, d'autres travaux en perspective restent à faire, surtout ceux relatifs à étudier la relation entre la qualité et la quantité des eaux d'irrigation et la densité du parasite dans le sol, d'une part et d'autre part, entre cette densité et le degré d'attaque des palmiers dattiers par la fusariose vasculaire.

Remerciements

Nous remercions vivement l'association " Amicale Amitié Coopération de Figuig (AACF)" et la fondation " Centro de Investigaciones y Promocion Iberoamérica Europa (Fondation CIPIE, Espagne) " pour leurs aides financières et logistiques. Nous remercions également notre collègue Aomar ANAN, de Département des Mathématiques, pour son aide précieuse relative aux analyses statistiques de l'enquête.

Références bibliographiques

- BENCHERIFA A. et POPP H. 1990. L'oasis de Figuig. Persistence et changement. Passavia Univesitats-verlag Passau. 109 pp.
- BOUNAGA N.R. 1975. Le palmier dattier et la fusariose : V. Etude comparative de la germination des microconidies et macroconidies de *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis* (KILLIAN et MAIRE) GORDON. Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord. 66, 39-44.
- BREIL P., COMBE M., ETIENNE H. et ZERYOUHI I. 1977. Le haut Atlas oriental. In : Ressources en eau du Maroc. Tome 3 : Domaines atlasique et sud-atlasique. Rabat . 140-159.
- BULIT J., LOUVET J., BOUHOT D et TOUTAIN G. 1967. Recherche sur les Fusarium. I. Travaux sur le Bayoud ; *Fusariose vasculaire* du palmier dattier en Afrique du Nord. Ann. Epiphytie., 18 (2) 213-239.
- BURGESS L.W. 1981. Geral ecology of the fusaria. In : Fusarium : Disease, Biology and Taxonomy. Edit. By NELSON P.E., TOUSSOUN T.A and COOK R.J. The penn. State Univ. Press Univ. Park and London.
- COOK R.J. et BAKER R. 1983. The nature and pratice of biological control of plant pathogens. Am. Phytopathol. Soc. St. Paul, USA. 539 pp.
- DJERBI M. et ELGHORFI A. 1984. Etude du comportement du Henné, de la luzerne et de quelques espèces de palmacées à l'égard du *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis*, agent du Bayoud. Ann. Inst. Nat. Rech. Agro. Tunisie. 58, 1-11.
- HADDOUCH M.1996. Situation actuelle et perspective de développement du palmier dattier au Maroc. Options Méd. 28 : 63-79.
- JUNGFER E. 1990. Les eaux de Figuig. Nouvelles recherches sur les problèmes de la genèse des eaux douces et des eaux salées au Maroc Oriental. A. Bencherifa et Popp (éd) : Le Maroc : espace et société - passau (Vol. spéciale I.).
- KILLIAN C et MAIRE R. 1930. Le Bayoud, maladie du dattier. Bull. Soc. Hist. Nat. Agr. N. 21 : 89-101.
- LOUVET J., BULIT J., TOUTAIN G. et RIEUF P. 1970. Le Bayoud, fusariose vasculaire du palmier dattier : symptômes et nature de la maladie : moyen de lutte. Al Awamia, 35, 161-181.
- MALENÇON G. 1947. Mission d'études dans les oasis du Territoire d'Ain Sefra et l'Annexe du Tidikelt concernant une maladie du palmier-dattier. Ann. Inst. Agri. D'Algérie. 2, 139-158
- MESSIAEN C.M. et MAS P. 1969. Recherche sur fusarioses. VI. Mise au point sur l'activité parasitaire du *Fusarium oxysporum* et sur les divers facteurs rendant les plantes plus ou moins sensibles aux fusarioses vasculaires. Ann. Phytopathol. 1(3) : 401-426.
- MONFORT F. 1983. Contribution aux recherches sur la résistance des sols aux fusarioses vasculaires. Etude de l'influence de la fraction argileuse du sol de Château-renard sur l'expression des mécanismes de la résistance. Thèse de Doctorat en 3ème cycle. Université de Rennes I. France. 100 pp.
- PEREAU LEROY P. 1958. Le palmier dattier au Maroc. Ministère de l'Agriculture. Inst. Franc. Rech. Outre-mer, Paris. 142 pp.
- RODIER J. 1984. L'analyse de l'eau. Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. Chimie, physico-chimie, bactériologie, biologie. Edit. Dunod. 1365 pp.

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 d'état es-sciences. Université Cadi Ayyad. Marrakech, Maroc. 123 pp.

TANTAOUI A. 1993. Le Bayoud du palmier dattier, densité et répartition de *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis* au sein du peuplement des *Fusarium* spp dans le sol et perspectives de la lutte directe. Al Awamia N° 82, 3-24.

TOUTAIN G. 1970. Observations sur la progression d'un foyer actif der Bayoud dans une plantation régulière de palmier dattier. Al Awamia, 35, 155-160.