

## PATHOGENIE COMPAREE DE *VERTICILLIUM DAHLIAE* VIS–A–VIS DE DEUX VARIETES DE FRAISIER LARGEMENT CULTIVEES AU MAROC

### [ Comparative pathogenicity of *Verticillium dahliae* against two strawberry plant varieties widely cultivated in Morocco ]

H. El Kaissoumi, W. Khirallah, A. Ouazzani Touhami, M. Chliyeh, R. Benkirane, K. Selmaoui, and A. Douira

Université Ibn Tofaïl, Faculté des Sciences, Laboratoire de Botanique et de Protection des Plantes, B.P. 133, Kenitra, Maroc

Copyright © 2016 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the *Creative Commons Attribution License*, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**ABSTRACT:** The plants of two strawberry varieties 'Fortuna and Festival' were inoculated with two isolates of *Verticillium dahliae* 'VFF and VDS', isolated from strawberry fields located in the Gharb region (Morocco). The monitoring of the symptoms evolution of the *Verticillium* wilt, in function of time, on the inoculated plants has allowed to note different types of symptoms: Early yellowing followed by necrosis, stunting, wilting and death of plants especially in plants of the Fortuna variety.

Calculated severity indices and the coefficients of infection, seven days after inoculation of strawberry plants are respectively about 13.5 and 11.5%. After four weeks, they reached respectively 66 and 86% for plants of the variety 'Fortuna' and 31.45 and 44.62% for those of variety 'Festival'. After six weeks, the severity indices and the coefficient of infection are respectively 77.44 and 106.8% in the 'Fortuna' plants inoculated with 'VFF' isolate. Comparisons between indices of severity and coefficients infection in inoculated plants of both varieties have shown that this is the variety 'Fortuna' which is most sensitive to isolate 'VFF', which showed pathogen also against the 'Festival' variety. Both tested isolates 'VFF and VFS' were re-isolated from all levels of plants: roots, collars and leaf petioles

**KEYWORDS:** Morocco, Strawberry, inoculation, *Verticillium dahliae*, wilting, pathogenicity.

**RÉSUMÉ:** Les plants de deux variétés de fraisier 'Fortuna et Festival' ont été inoculés par deux isolats de *Verticillium dahliae* 'VFF et VFS', isolés des fraiseraies de la région du Gharb (Maroc). Le suivi de l'évolution des symptômes de la verticilliose, en fonction du temps, chez les plants de fraisier inoculés a permis de noter différents types de symptômes: jaunissements précoces suivis de nécroses, nanisme, flétrissement et mort des plants surtout chez les plants de la variété Fortuna.

Les indices de sévérité et les coefficients d'infection calculés, sept jours après inoculation des plants de fraisier, sont respectivement de l'ordre de 13,5 et 11,5%. Après 4 semaines, ils atteignent respectivement 66 et 86% chez les plants de la variété 'Fortuna' et 31,45 et 44,62% chez ceux de la variété 'Festival'. Après six semaines, l'indice de sévérité et le coefficient d'infection sont respectivement de 77,44 et 106,8% chez les plants de 'Fortuna' inoculés par l'isolat 'VFF'. Les comparaisons entre les indices de sévérité et les coefficients d'infection chez les plants inoculés des deux variétés ont montré que c'est la variété 'Fortuna' qui est la plus sensible à l'isolat 'VFF', isolat qui s'est montré également pathogène vis-à-vis de la variété 'Festival'. Les deux isolats testés 'VFF et VFS' ont été réisolés de tous les niveaux des plants : racines, collets et pétioles des feuilles.

**MOTS-CLEFS:** Maroc, fraisier, inoculation, *Verticillium dahliae*, verticilliose, pouvoir pathogène.

## 1 INTRODUCTION

Le fraisier, plante vivace originaire de l'Amérique, est l'une des cultures horticoles les plus répandues dans le monde. Il a été introduit au Maroc depuis les années cinquante, mais sa culture n'a démarré que vers la fin des années 70, dans les deux périmètres irrigués du Gharb- Loukkos et de Sous Massa. A partir du début des années 1990, le Maroc produisait déjà des fraises dans le Gharb (78%) et le Loukkos (22%). En 2013, la production marocaine de la fraise a été de 145 mille tonnes pour une superficie de 3500 ha [2]. La destination principale des fraises marocaines reste l'Union européenne, avec 95% du volume exporté. L'Espagne et la France, principaux partenaires du Maroc, concentrent avec le Royaume – Uni près de 90 % du marché [2]. Les rendements estimés par les producteurs ont varié de 750 à 1100 g/plante, soit 40 à 60 tonnes/ha.

Les rendements sont liés au type de plants, à la variété, à l'état de santé des plants, à la conduite technique et au climat [35]. Les variétés de fraises les plus cultivées au Maroc sont d'origine californienne [3]. En 2013, les variétés plantées au Maroc ont été nombreuses (Camarosa, Festival, Fortuna, Lusa, Magdalena, Sabrina, San Andreas, Splendor, Venicia, Ventana, etc), avec une dominance de Camarosa et de Festival, suivies de Splendor et de Fortuna [35]. En général, deux types de plants sont utilisés par les agriculteurs, à savoir les plants en motte et les plants à racines nues qui restent les plus abondants. Par ailleurs, tous les agriculteurs utilisent des plants frais [4].

Le fraisier est sujet à plusieurs contraintes phytosanitaires, les conditions climatiques et l'insuffisance des techniques de stockage favorisent l'apparition de plusieurs pathogènes responsables de la dépréciation des fraises. Il peut être attaqué par les virus [21]; [18], les bactéries [20]; [1]; [7], les acariens [37]; [14], les nématodes [15], les ravageurs [28], les mauvaises herbes [16] et les champignons [29]. Les maladies fongiques du fraisier causent des pertes économiques importantes dans les cultures du monde entier. Elles peuvent être divisées en deux classes. Dans un groupe sont inclus celles causées par des pathogènes du sol, principalement les *Phytophthora*, *Rhizoctonia* et *Verticillium*. Dans l'autre groupe, il y a les maladies causées par des pathogènes aériens tels que les espèces de *Colletotrichum*, *Botrytis cinerea*, *Sphaerotheca macularis* and *Zythia fragariae* [8].

Au Maroc, la culture de fraisier est assujettie à plusieurs maladies et ravageurs. Les principales maladies et ravageurs signalés par les agriculteurs sont l'oïdium, les acariens, les noctuelles, le *Botrytis*, les pucerons et le mildiou [5], causées respectivement par les champignons *Sphaerotheca macularis* et *Botrytis cinerea*. [36] ont signalé en plus des deux premiers pathogènes, *Phytophthora cactarum* et *P. fragariae* responsables de la maladie du cœur rouge. [23] ont signalé en plus de ces pathogènes, *Verticillium dahliae*, responsable de la verticilliose. Ce pathogène, champignon tellurique, colonise les vaisseaux conducteurs des plantes hôtes et perturbe l'absorption des éléments nutritifs et de l'eau chez les plantes infectées [31].

La verticilliose du fraisier n'a jamais été étudiée au Maroc. Dans le présent travail, le pouvoir pathogène de deux isolats de *Verticillium dahliae* a été étudié vis-à-vis de deux variétés de fraisier, largement cultivée au Maroc.

## 2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

Les deux isolats VFF et VFS de *Verticillium dahliae* utilisés ont été obtenus à partir des racines des plants de fraisier montrant des symptômes de flétrissement, respectivement de la variété Fortuna et de la variété Festival ramenées en 2014 respectivement des fraiseraies des douars de Dlalha et de Lanabsa de la commune de Moulay Bouselham (Gharb-loukkos) Maroc.

Les deux isolats sont mis en culture sur le milieu PSA (Pomme de terre: 200 g ; Saccharose: 20 g ; Agar-agar: 15 g ; Eau distillée: 1000 ml) et incubés à 25°C pendant 7 jours. Des disques mycéliens sont prélevés sur une culture de *V. dahliae* sur milieu PSA et introduits dans un tube à essai contenant de l'eau distillée stérile. Après agitation mécanique, 2 ml de la suspension conidienne sont étalés à la surface des boîtes de Petri contenant le milieu PSA. Après 5 jours d'incubation, à 25°C et à l'obscurité, des suspensions conidiennes sont préparées par lavage des cultures polysporales par l'eau distillée stérile et filtration à travers quatre couches de gaze stériles. La concentration est ajustée à 10<sup>6</sup> conidies/ml à l'aide de l'eau distillée stérile.

Les racines de jeunes plants de quatre feuilles de deux variétés de fraisier, Fortuna et Festival, sont frottées et débarrassées de la terre. Elles ont été trempées par la suite dans les suspensions conidiennes des deux isolats de *V. dahliae*, VFF et VFS pendant 45 min. Les plants inoculés sont repiqués dans des pots contenant du sol de la forêt Mamora. Ce sol est très sablonneux (91,1% de sable) à structure meuble, à pH légèrement basique [38]; [26]; [10] présentant une faible capacité d'échange cationique (7 mEq 100 g/1) et une très faible salinité. Les pots sont ensuite placés dans une serre de culture pendant six semaines. Le protocole expérimental a été conçu en blocs aléatoires avec quatre répétitions pour chaque isolat

et un plant par pot. Les racines des plants témoins sont trempées dans l'eau distillée stérile. Les plants sont arrosés tous les deux jours.

Le développement des symptômes foliaires a été suivi en fonction du temps. Tous les sept jours et pendant 6 semaines, la surface foliaire malade a été estimée selon l'échelle de Stover, modifiée par Gauhl [11] :

0 = aucun symptôme ; 1 = moins de 0,5% du limbe présentant des symptômes ; 2 = 0,6 à 5% du limbe avec symptômes ; 3 = 6 à 15% du limbe avec symptômes ; 4 = 16 à 30% du limbe avec symptômes ; 5 = 31 à 50% du limbe avec symptômes ; 6 = 51 à 80% du limbe avec symptômes ; 7 : 81 à 100% du limbe avec symptômes.

L'indice de sévérité de la maladie (IS) a été calculé selon la formule suivante:

$$IS (\%) = \frac{\sum nb}{(N-1) \times T} \times 100$$

n = nombre de feuilles pour chaque degré de l'échelle

b = degré de l'échelle arbitraire représentant la sévérité

N = nombre de degrés utilisés dans l'échelle

T = nombre total de feuilles évaluées

Le coefficient d'infection (C.I.) de la maladie est déterminé selon l'équation suivante:

$$C.I. = \text{Sévérité} \times \text{Incidence}$$

Sévérité = degré de l'échelle

Incidence : nombre total des feuilles qui présentent des symptômes.

Après deux mois de culture, les pots ont été ramenés de la serre et les plants témoins et malades des deux variétés ont été coupés au niveau du collet. Les paramètres de croissance évalués comprennent le nombre de feuilles, le poids frais et sec de la partie aérienne, le poids frais et sec de la partie racinaire.

La présence du champignon *V. dahliae* a été recherchée dans les parties des plants témoins et inoculés. Des coupes minces effectuées à partir des différents organes des plants (feuilles, pétioles, collet et racines) sont désinfectées dans l'alcool à 95°C pendant 2 mn, rincées plusieurs fois à l'eau distillée stérile, séchées rapidement sur un papier absorbant stérile puis déposées sur milieu eau gélosée (20 g de gélose/l d'eau distillée) [9]. Les sections des différents organes sont manipulées séparément pour éviter leur contamination. Les colonies de *V. dahliae* commencent à se développer après 7 jours d'incubation des boîtes à 22°C. Le pourcentage d'isolement (PR%) a été obtenue en appliquant la formule suivante :

$$Pr = Ns Px / NT \times 100$$

Ns Px : Nombre de segments contenant l'espèce fongique x.

NT : Nombre total de segments utilisés dans l'isolement.

Les résultats sont analysés par comparaison des moyennes, selon le test de Newman & Keuls au seuil de 5%. Les pourcentages sont transformés en Arcsin VP.

### 3 RÉSULTATS

Les symptômes observés chez les plants des variétés de fraisier, Fortuna et Festival, inoculés par les isolats de *Verticillium dahliae* (VFF et VFS) ont concerné toutes les parties de ces plants et sont identiques avec ceux observés chez les plants malades ramenés des parcelles de fraisier. Des jaunissements au niveau de certaines feuilles ont été notés 7 jours après l'inoculation des plants, ces chloroses précoces sont suivies de nécroses. Les flétrissements et la chute des feuilles ont été observés respectivement quatre et six semaines après inoculation des plants des deux variétés testées. Les plants inoculés ont montré également un nanisme et la mort des plantes a été relevée surtout chez les plants de la variété Fortuna, inoculée par l'isolat VFF de *V. dahliae* (Figure 1).

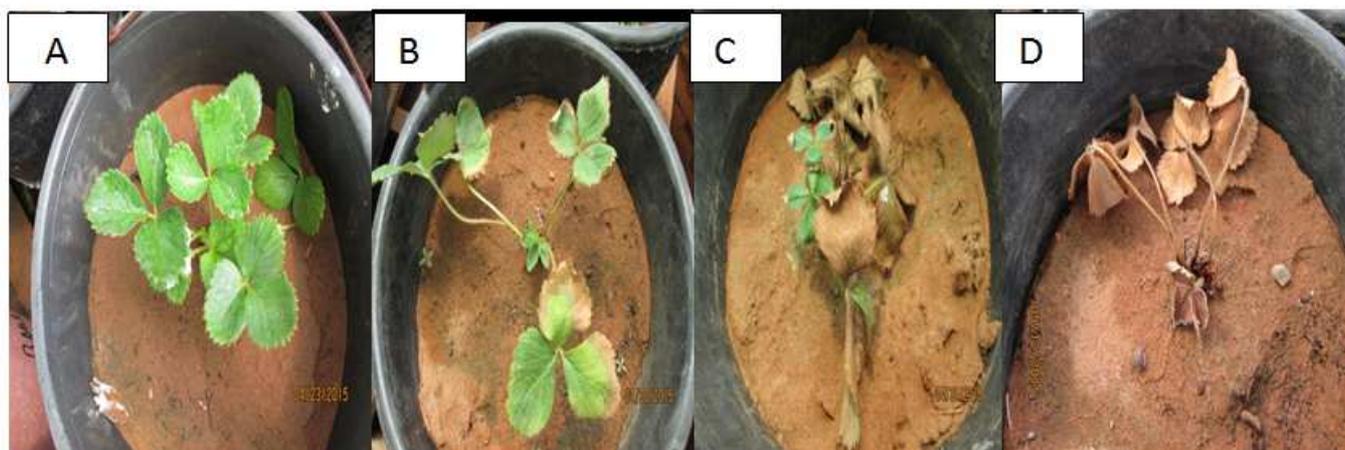


Figure 1 : Plants de fraisier de la variété Fortuna inoculés par l'isolat VFF de *Verticillium dahliae* : (A) : plant témoin ; (B) : nécroses à la périphérie des feuilles ; (C) : dessèchement des feuilles ; (D) : mort du plant.

Les indices de sévérité de la maladie et les coefficients d'infection (Tableaux 1 et 2), relevés chez les plants de la variété Fortuna, sept jours après inoculation sont encore faibles, respectivement de 8,3 et 4% pour les plants inoculés par VFS et de 13,5 et 10,5% pour ceux infectés par l'isolat VFF. Par contre, chez les plants de la variété Festival, les indices de sévérité de la maladie et les coefficients d'infection sont nuls chez les plants inoculés par l'isolat VFS et respectivement de 0 et 11,5% pour ceux infectés par l'isolat VFF.

Tableau 1 : Evolution, en fonction du temps, de l'indice de sévérité (IS%) de la maladie chez les plants de fraisier des variétés 'Fortuna et Festival' inoculés par *Verticillium dahliae*

Temps	Variétés	Témoin	Isolats de <i>Verticillium dahliae</i>	
			VFS	VFF
1 semaine	Fortuna	0 <sup>b</sup>	8,33 <sup>ab</sup>	13,53 <sup>a</sup>
	Festival	0 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>
2 semaines	Fortuna	0 <sup>b</sup>	14,41 <sup>a</sup>	15,76 <sup>a</sup>
	Festival	0 <sup>b</sup>	6,55 <sup>a</sup>	14,24 <sup>a</sup>
3 semaines	Fortuna	0 <sup>a</sup>	21,25 <sup>a</sup>	33,12 <sup>a</sup>
	Festival	0 <sup>b</sup>	10,55 <sup>a</sup>	15,41 <sup>a</sup>
4 semaines	Fortuna	0 <sup>b</sup>	35,41 <sup>ab</sup>	66,14 <sup>a</sup>
	Festival	0 <sup>b</sup>	18,26 <sup>a</sup>	31,45 <sup>a</sup>
5 semaines	Fortuna	0 <sup>c</sup>	43,45 <sup>b</sup>	74,56 <sup>a</sup>
	Festival	0 <sup>c</sup>	19,70 <sup>b</sup>	48,36 <sup>a</sup>
6 semaines	Fortuna	0 <sup>b</sup>	51,12 <sup>a</sup>	77,44 <sup>a</sup>
	Festival	0 <sup>c</sup>	35,92 <sup>b</sup>	50,40 <sup>a</sup>

Deux valeurs lus sur la même ligne suivies par la même lettre ne sont pas significativement différents au seuil de 5 %, selon le test de Newman & Keuls.

**Tableau 2 : Evolution, en fonction du temps, du coefficient d'infection (CI) de la maladie chez les plants de fraisier des variétés 'Fortuna et Festival' inoculés par *Verticillium dahliae*.**

Temps	Variétés	Témoin	Isolats de <i>Verticillium dahliae</i>	
			VFS	VFF
1 semaine	Fortuna	0 <sup>b</sup>	4 <sup>b</sup>	10,50 <sup>a</sup>
	Festival	0 <sup>b</sup>	0 <sup>b</sup>	11,50 <sup>a</sup>
2 semaines	Fortuna	0 <sup>b</sup>	6,30 <sup>b</sup>	13,35 <sup>a</sup>
	Festival	0 <sup>b</sup>	3 <sup>b</sup>	19,25 <sup>a</sup>
3 semaines	Fortuna	0 <sup>b</sup>	23,00 <sup>a</sup>	21,00 <sup>a</sup>
	Festival	0 <sup>c</sup>	13,50 <sup>b</sup>	35,32 <sup>a</sup>
4 semaines	Fortuna	0 <sup>c</sup>	48,75 <sup>b</sup>	86,00 <sup>a</sup>
	Festival	0 <sup>c</sup>	27,50 <sup>b</sup>	44,62 <sup>a</sup>
5 semaines	Fortuna	0 <sup>c</sup>	66,50 <sup>b</sup>	92,50 <sup>a</sup>
	Festival	0 <sup>c</sup>	31,00 <sup>b</sup>	52,62 <sup>a</sup>
6 semaines	Fortuna	0 <sup>c</sup>	82,50 <sup>b</sup>	106,80 <sup>a</sup>
	Festival	0 <sup>b</sup>	55,50 <sup>a</sup>	60,66 <sup>a</sup>

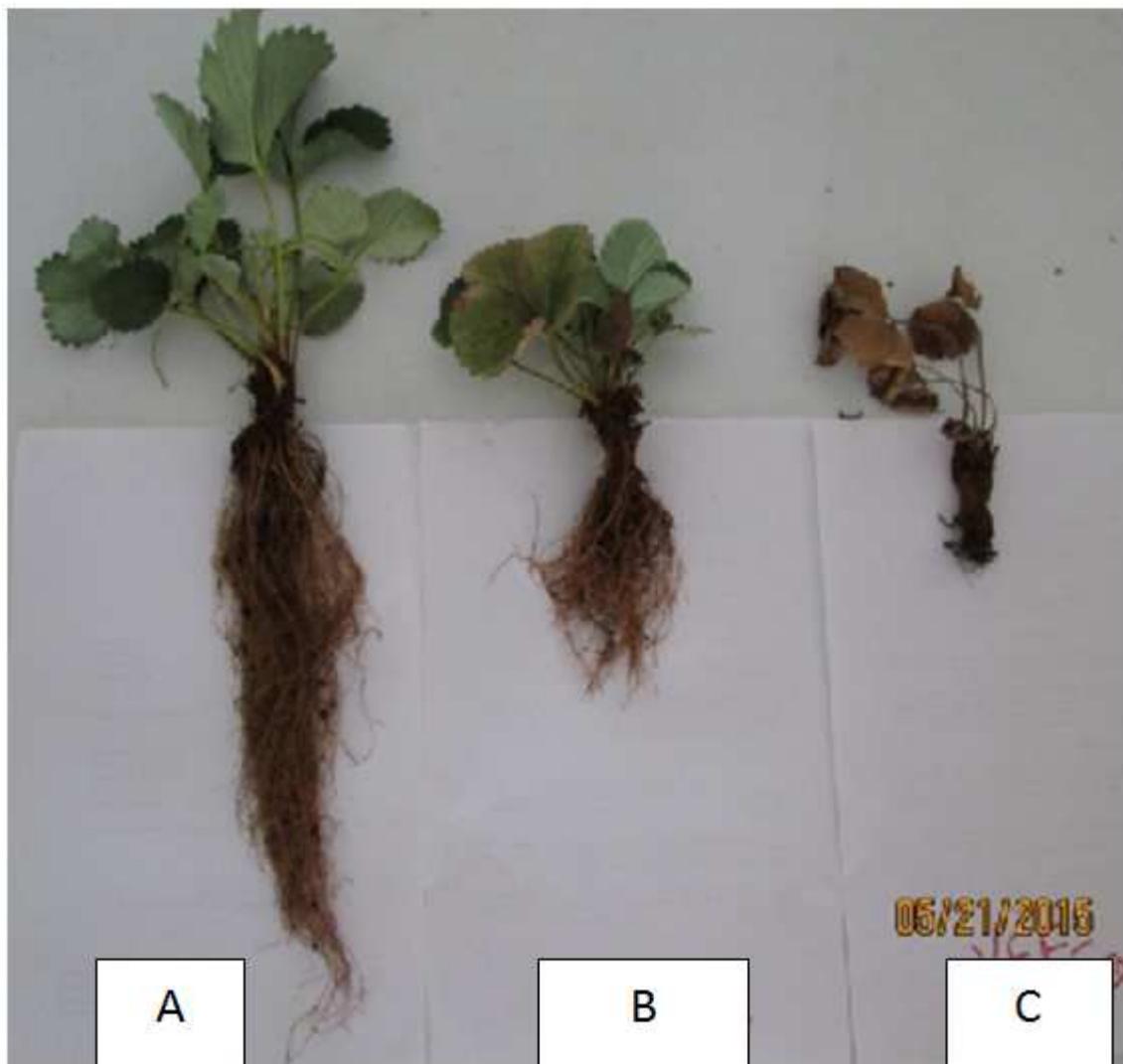
Deux valeurs lus sur la même ligne suivies par la même lettre ne sont pas significativement différents au seuil de 5 %, selon le test de Newman & Keuls.

Quatre semaines après l'inoculation des plants, les indices de sévérité et les coefficients d'infection notés sont respectivement de 35,41 et 48,75% chez les plants de la variété Fortuna inoculés par l'isolat VFS et de 66,1 et 68% chez les plants infectés par l'isolat VFF. Chez les plants de la variété Festival, les indices de sévérité et les coefficients d'infection induits par les isolats VFS et VFF sont respectivement de 18,26 - 27,5% et de 31,45 - 44,66%.

Les indices de sévérité et les coefficients d'infection ont augmenté chez les plants de fraisier des deux variétés testées. Les valeurs les plus élevées ont été observées chez les plants de la variété Fortuna, respectivement de 77,44 et 100% (Figure 2).



**Figure 2 : Plants de fraisier inoculés par *Verticillium dahliae* : (A) : plant témoin ; (B) : plant inoculé par l'isolat VF, mort du plant; (C) plant inoculé par l'isolat VFS, nécroses développées à la périphérie des feuilles.**



**Figure 3 : Effet des isolats de *Verticillium dahliae* testés sur le développement des masses racinaire et végétative des plants de fraisier de la variété Fortuna ' : (A) : plant témoin ; (B) : plant inoculé avec l'isolat VFS ; (C) : plant inoculé avec l'isolat VFF.**

Il ressort de ces résultats que les indices de sévérité de la maladie (Tableau 1) et des coefficients d'infection (Tableau 2) des isolats de *V. dahliae* (VFF et VFS) augmentent progressivement avec le temps chez les plants de fraisier (Fortuna et Festival) inoculés par ces deux isolats, mais ils sont plus importants chez les plants de la variété Fortuna.

La sévérité de la maladie observée au niveau du feuillage des plants de fraisier inoculés par *Verticillium dahliae* s'est illustrée également par la diminution des poids de la partie végétative et racinaire de ces plants (Tableau 3). 6 semaines après culture, les poids frais et sec de la partie aérienne des plants témoins des deux variétés testées Fortuna et Festival sont respectivement de 21,87 – 21,90 g et de 17,75 g – 14,23 g. Par contre, ils sont respectivement de 9,62 - 15,37 g et 1,57 – 2 g chez les plants des deux variétés inoculés par VFF et de 15 -16 g et 2,5 - 3,5 g pour celles inoculés par VFS.

**Tableau 3 : Effet de l'inoculation de *Verticillium dahliae* sur le développement des masses végétative et racinaire, exprimées en poids frais et sec, des plants de deux variétés de fraisier (Fortuna et Festival).**

	Parties aériennes						Système racinaires					
	Poids frais			Poids sec			Poids frais			Poids sec		
Isolats	Témoin	VFF	VFS	Témoin	VFF	VFS	Témoin	VFF	VFS	Témoin	VFF	VFS
<b>Fortuna</b>	21,87 <sup>a</sup>	9,62 <sup>c</sup>	15,00 <sup>b</sup>	17,75 <sup>a</sup>	1,57 <sup>b</sup>	2,52 <sup>b</sup>	33,00 <sup>a</sup>	12,75 <sup>b</sup>	16,27 <sup>b</sup>	20,14 <sup>a</sup>	1,15 <sup>b</sup>	2,82 <sup>b</sup>
<b>Festival</b>	21,90 <sup>a</sup>	15,37 <sup>b</sup>	16,00 <sup>b</sup>	14,23 <sup>a</sup>	2,00 <sup>b</sup>	3,50 <sup>b</sup>	35,00 <sup>a</sup>	18,50 <sup>b</sup>	23,00 <sup>ab</sup>	18,69 <sup>a</sup>	4,16 <sup>b</sup>	4,15 <sup>b</sup>

Deux valeurs lus sur la même ligne suivies par la même lettre ne sont pas significativement différents au seuil de 5 %, selon le test de Newman & Keuls.

**Tableau 4 : Pourcentage de réisolement de *Verticillium dahliae* à partir des plants des deux variétés de fraisier (Fortuna et Festival), 6 semaines après inoculation.**

	Variétés			Fortuna		Festival	
	Isolats	Témoin	VFF	VFS	Témoin	VFF	VFS
<b>Organes de fraisier</b>	<b>Feuilles</b>	0 <sup>a</sup>	5,55 <sup>c</sup>	6,25 <sup>b</sup>	0 <sup>a</sup>	0 <sup>b</sup>	7,14 <sup>b</sup>
	<b>Pétioles</b>	0 <sup>a</sup>	27,77 <sup>bc</sup>	12,5 <sup>b</sup>	0 <sup>a</sup>	24,16 <sup>a</sup>	22,82 <sup>a</sup>
	<b>Collets</b>	0 <sup>a</sup>	86,66 <sup>a</sup>	62,25 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>	76,47 <sup>a</sup>	60,00 <sup>a</sup>
	<b>Racines</b>	0 <sup>a</sup>	63,63 <sup>b</sup>	56,25 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>	64,28 <sup>a</sup>	62,50 <sup>a</sup>

Deux valeurs lus sur la même ligne suivies par la même lettre ne sont pas significativement différents au seuil de 5 % selon le test de Newman & Keuls.

Les deux isolats de *V. dahliae* testés, VFF et VFS, ont réduit également le poids du système racinaire chez les plants inoculés des deux variétés testées. Il est de 33 -35 g et de 20,4 - 18,69 g chez les plants témoins des variétés Fortuna et Festival et de 12,75 -18,5 g et 16,27 -12,3 g et de 1,15 -4,16 g et 2,82 - 4,85 g chez les plants inoculés.

Il paraît que les deux isolats de *V. dahliae* testés sont capables d'induire des lésions foliaires chez les plants de fraisier des variétés Fortuna et Festival, largement cultivées au Maroc. Ces lésions foliaires se développent avec le temps et entraînent le dessèchement total du feuillage des plants. Ces lésions ne sont que les conséquences d'une perturbation de développement du système racinaire qui se trouve affecté par le pathogène.

Les deux isolats de *Verticillium dahliae* étudiés ont été isolés à partir des racines et du collet des plants de fraisier inoculés des deux variétés testées, 6 semaines après inoculation. Les pourcentages d'isolement à partir des plants de la variété Fortuna inoculés par les isolats VFF et VFS sont respectivement de 86,66 - 36,36% et de 62,2 - 56,25 % et ceux pour Festival sont respectivement de 76,67 - 64,28% et de 60 - 62,5%.

Les isolements sont également positifs à partir des pétioles des feuilles des plants inoculés. En effet, les pourcentages d'isolement à partir des pétioles des feuilles des plants de la variété Fortuna inoculés par VFF et VFS sont respectivement de l'ordre de 27,77- 5,55% et de 12,77 - 6,25% et pour ceux de Festival de 24,16 - 0% et 22,82 - 7,14%. Les isolements ont été négatifs à partir des plants témoins.

Les deux isolats de *Verticillium dahliae* testés se sont montrés capables de coloniser les différents organes des plants de fraisier des variétés Fortuna et Festival (racines, collets et pétioles des feuilles) et d'induire différents types de symptômes: chloroses, nécroses, flétrissement, dessèchement, rabougrissement et mort des plantes. La masse végétative et racinaire est très altérée chez les plants inoculés. Mais il semble que c'est la variété Fortuna qui est la plus sensible aux isolats de *V. dahliae* VFF et VFS.

#### 4 DISCUSSION ET CONCLUSION

Les isolats de *Verticillium dahliae* 'VFF et VFS' testés peuvent être considérés comme pathogènes sur les plants de fraisier des variétés 'Festival et Fortuna'. Ils se sont montrés capables de pénétrer les racines et de coloniser les différents organes des plants des deux variétés (racines, collets et pétioles des feuilles). Ils ont induit différents types de symptômes: chloroses, nécroses, flétrissement, dessèchement, rabougrissement et mort des plantes. Mais c'est l'isolat VFF qui a induit plus de dessèchement des feuilles et la mort des plants des deux variétés de fraisier testées.

Le suivi de l'évolution des symptômes induits par les deux isolats de *V. dahliae* sur les plants des deux variétés de fraisier a montré une augmentation progressive de la sévérité de la maladie et des altérations foliaires en fonction du temps. Ce suivi a permis de noter que ce sont les plants de la variété Fortuna qui sont les plus sensibles à la maladie. Les deux isolats de *V. dahliae* testés ont perturbé également la formation des feuilles et des racines. Selon [13], *V. dahliae* altère essentiellement les tissus vasculaires en induisant dans la majorité des cas le flétrissement chez de nombreuses espèces végétales. D'après Maas (1998), les symptômes induits par *V. dahliae*, en particulier ceux des feuilles matures en périphérie du collet ainsi que le nanisme et la mort des plants, sont la cause des baisses importantes de rendement en fruits. [33] ont signalé que la verticilliose a des effets importants sur la croissance et le rendement de fraisier. Les champs gravement affectés par *V. dahliae* ne peuvent plus être économiquement viables puisque le pathogène peut persister dans le sol sous forme de microsclérotos pendant de nombreuses années, même en l'absence de la plante-hôte (Maas, 1998). Les microsclérotos se développent sur les feuilles mortes et constituent une source d'inoculum dans le sol [30]; [27] qui pourra infecter d'autres plantes.

Le fraisier est considéré parmi les cultures les plus sensibles et les plus atteintes par *V. dahliae* [19]; [6]; [17]. [34] ont noté en Australie, au niveau des régions productrices de fraisier, que la verticilliose est plus apparente et plus destructive sur les fraisiers se développant sur des substrats clairs sablonneux. Il existe différentes variétés de fraisiers présentant des niveaux de résistance et / ou de tolérance variés à la verticilliose [33] Cependant, lorsque la pression de la maladie est élevée, même les plantes qui n'extériorisent pas de symptômes [32] deviennent sensibles.

*Verticillium dahliae* attaque plusieurs espèces de plantes hôtes. Une relation entre la polyphagie et la spécificité chez *V. dahliae* a été signalée par [12]. Cet auteur a mené des études, pendant 15 ans, sur les propriétés parasitaires et pathogènes chez *V. dahliae* et a démontré en effectuant des infections croisées de la tomate, du piment doux, de l'aubergine et du fraisier avec des isolats collectés à partir de ces mêmes plantes, que tous ces isolats étaient hautement pathogènes surtout sur le fraisier. Ainsi, il a révélé l'existence de différences de virulence, chez ce pathogène de races hautement spécialisées.

Au Maroc, [23] ont signalé que le pourcentage d'isolement de *V. dahliae* à partir des fraisiers se développant dans les régions nord ouest (Gharb et Loukkos) ne dépasse pas 11,1%. Certains isolats forment des microsclérotos, d'autres sont de couleur blanc crème et présentent une croissance très lentes. *V. dahliae* a été isolé parmi une mycoflore diversifiée des organes aériens et souterrains, comme *Botrytis cinerea*, *Alternaria alternata*, *Fusarium oxysporum*, *Coniella fragariae*, *Cladosporium cladosporioides*, *Epicoccum purpurascens*, *Bipolaris spicifera*, *Nigrospora sphaerica*, *Stemphylium sarciniforme*, *Neofusicoccum parvum*, *Torula herbarum* *Macrophomina phaseolina*, *Rhizoctonia solani*, *Cylindrocarpon destructans*, *Pythium* sp., *Phytophthora* sp., *Cunninghamella elegans*, *Aspergillus nidulans*, *Trichoderma harzianum* et autres [23]; [25]. Le pouvoir pathogènes de ces espèces fongiques, à l'exception de ceux de *Botrytis cinerea*, *Colletotrichum gloeosporioides* et *Pestalotia longisetula* [23], [24] n'est pas connu sur les variétés de fraisier largement cultivées au Maroc. Il est important de connaître d'abord la part qui revient aux différents isolats de *V. dahliae* isolés par rapport aux autres espèces fongiques détectées sur les variétés de fraisier cultivées au Maroc. Pour connaître également l'amplitude des variations du pouvoir pathogène de *V. dahliae*, il est également souhaitable d'étudier la pathogénicité d'un grand nombre d'isolats sur toutes les variétés de fraisier cultivées au Maroc.

## REFERENCES

- [1] Anonyme, 2006. Diagnostic *Xanthomonas fragariae*. EPPO Bulletin 36 (1): 135-144.
- [2] Anonyme, 2014. Note de veille-Filière fruits rouges. Ministère de l'Agriculture et de la Pêche Maritime - Direction de la Stratégie et des Statistiques. Note stratégique n°100.
- [3] Atta Aly M. and Ezzat M. A., 1999. Reducing quality loss of strawberries during local marketing and exportation by using different cool chains In Gerasopoulos D. (ed.). Post-harvest losses of perishable horticultural products in the Mediterranean region. Chania: CIHEAM-IAMC, Cahiers Options Méditerranéennes 42: 35-47.
- [4] Bamouh A., Ezzahouani A. et Chamekh A., 2012. Conduite culturale du fraisier au Maroc. Agriculture du Maghreb 56: 52-61.
- [5] Benicha M., 2006. Mode d'utilisation des pesticides sur la culture du fraisier dans le périmètre du Loukkos. Bulletin trimestriel d'information du Centre Régional de la Recherche Agronomique de Tanger, Tawassol 12: 1-4.
- [6] Bernier-English V., 2009. Effet de la fumigation et de l'application de compost sur l'incidence de la verticilliose (*Verticillium dahliae*) du fraisier. Mémoire. Faculté des sciences de l'agriculture et de l'alimentation. Université Laval. 85 pages.
- [7] Bull C. T., Huerta A. I., and Koike S. T., 2009. First report of blossom blight of strawberry (*Fragaria × ananassa*) caused by *Pseudomonas marginalis*. Plant Disease 93 (12): 1350.

- [8] De Los Santos B., Barrau C. and Romero F., 2003. Strawberry fungal diseases. *Food, Agriculture and Environment* 1 (3 and 4): 129-132.
- [9] Douira A. et Lahlou H., 1989. Variabilité de la spécificité parasitaire chez *Verticillium albo-atrum* Reinke et Berthold frome à microsclérotos. *Cryptogamie Mycologie*, 10, 19-32.
- [10] Sghir F., Chliyah M., Touati J., Mouria B., Ouazzani Touhami A., Filali-Maltouf A., El Modafar C., Moukhli A., Benkirane R. and Douira A., 2014. Effect of a dual inoculation with endomycorrhizae and *Trichoderma harzianum* on the growth of date palm seedlings. *Int. J. Pure App. Biosci.* 2 (6): 12-26.
- [11] Gauhl F., Pasberg-Gauhl C., Vuylsteke D. and Ortiz R., 1995. Multilocational evaluation of black Sigatoka resistance in banana and plantain. IITA Research Guide 47. 2nd edition. Training Program, International Institute of Tropical Agriculture (IITA), Ibadan, Nigeria. 59p.
- [12] Gorova G.F., 1990. Specific and specialization of *Verticillium* fungi 5th International *Verticillium* Symposium, 25th -30th June Leningrad, USSR (Abstracts) p-25
- [13] Guillemont B. O. and Chamberland H., 2006. Tissue invasion and alteration in eggplant infected with *Verticillium dahliae*: A light and transmission electron microscopy study. *Phytoprotection*, 87 (1): 29-42.
- [14] Lagziri M., and El Amrani A., 2009. Effect of a microbial-based acaricidal product on spotted and predatory spider mites. *African Crop Sciences Journal* 17 (3): 111-123.
- [15] Lamindia J. A., 2002. Seasonal populations of *Pratylenchus penetrans* and *Meloidogyne hapla* in strawberry roots. *Journal of Nematology* 34 (4): 409-413.
- [16] Lansari A., 1985. Chemical weed control and effect of herbicides in strawberry (cv. Tioga) plantation in Morocco. *Revue Horticole* 257: 27-30.
- [17] Le Paul S., 2013. Aubergine et verticilliose. Mémoire de stage de S8 dominante GIAP de Bordeaux Sciences Agro, Ecole nationale supérieure des sciences agronomiques de Bordeaux Aquitaine, 44p.
- [18] Li L. and Yang H., 2011. First report of strawberry necrotic virus in China. *Plant Disease* 95 (9) : 1198.
- [19] Lockhart C. L., MacNab A. A. and Bolwyn B., 1969. A systemic fungicide for control of *Verticillium* wilt in strawberries. *Canadian Plant Disease Survey*, (49) 2: 46-48.
- [20] Mdarhri M., 2005. Isolement et identification de l'agent responsable de la maladie bactérienne des tâches angulaires du fraisier (*Xanthomonas fragariae*). Thèse 3ème Cycle Agronomie, Option Phytiairie, Complexe Horticole, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Agadir (Maroc), 38 pp.
- [21] Martin R. R., Tzanetakis I. E., Barnes J. E. and Elmhirst J. F., 2004. First report of strawberry latent ring spot virus in strawberry in United States and Canada. *Plant Disease* 88 (5): 575.
- [22] Mass J., 1998. Compendium of strawberry diseases. Second edition. APS Press, St. Paul, MN., 128 pages.
- [23] Mouden N., Benkirane R., Ouazzani Touhami A. et Douira A., 2013. Mycoflore de quelques variétés du fraisier (*Fragaria x ananassa* L.), cultivées dans la région du Gharb et le Loukkos (Maroc). *Journal of Applied Biosciences* 61: 4490 – 4514.
- [24] Mouden N., Benkirane R., Ouazzani Touhami A. and Douira A., 2014. Pathogenic capacity of *Pestalotia longisetula* Guba reported for the first time on strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) in Morocco. *Int. J. Pure App. Biosci.* 2 (4): 132-141.
- [25] Mouden N., 2015. Etude de la situation phytosanitaire du fraisier (*Fragaria x ananassa* L.) au Maroc. Diversité fongique, pouvoir pathogène et recherche des moyens de lutte. Thèse de Doctorat, Université Ibn Tofail, Faculté des sciences, Kénitra, Maroc, 305 pages.
- [26] Mouria B., Ouazzani Touhami A. et Douira A., 2007. Effet de diverses souches du *Trichoderma* sur la croissance d'une culture de tomate en serre et leur aptitude à coloniser les racines et le substrat. *Phytoprotection* 88 (3): 103-110.
- [27] Naser Z. W. and Al Momany A. R., 1998. Dissemination factors of *Verticillium* wilt of olive in Jordan. *Dirasat, Agricultural Sciences* 1(25): 16-21.
- [28] Nicolov P., 2006. Study on the fauna of the strawberry. V. Survey of the strawberry fauna. *Ecology and Future – Bulgarian Journal of Ecological Science* 5 (2): 38-40.
- [29] Paulus A. O., 1990. Fungal diseases of strawberry. *Journal HortScience* 25 (8) : 885-889.
- [30] Rijkers A. J. M., Hiemstra J. A. and Bollen G. J., 1992. Formation of microsclerotia of *Verticillium dahliae* in petioles of infected ash trees. *Netherlands Journal of Plant Pathology*, 98 (4): 261-264.
- [31] Roustae A. and Baghdadi A., 2007. Study of interaction between plant nutrition (N, P, K and Ca) and verticillios wilt disease (*Verticillium dahliae*) in cucumber. *Communications in agricultural and applied biological sciences*, 72(4): 1017-22.
- [32] Shaw D., Gordon T., Larson K., Gubler W., Hansen J. and Kirkpatrick S., 2010. Strawberry breeding improves genetic resistance to *Verticillium* wilt. *California Agriculture*, 64 (1): 37-41.
- [33] Shaw D.V., Gordon T. R., Larson K. D. and Kirkpatrick S. C., 2005. The effect of *Verticillium* infection in runner plant propagation nurseries on resistant and susceptible strawberry genotypes. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 130 (5): 707-710.

- [34] Steffek R., Spornberger A. and Altenburger J., 2006. Detection of microsclerotia of *Verticillium dahliae* in soil samples and prospects to reduce the inoculum potential of the fungus in the soil. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 71 (4): 145-148.
- [35] Tanji A., Benicha M. et Mamdouh M., 2014. Technique de production de fraisier, Résultats d'enquêtes au Loukkos. Transfert de Technologie en Agriculture MADER/DERD\_PNTTA (Ed.), Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural, Bulletin Mensuel d'information et de liaison du PNTTA. n°201 : 9 pp.
- [36] Walali Loudyi D. E. M. et Skiredj A., 2003. Fiches techniques : Le cognassier, le néflier, le fraisier, le pêcher et le figuier de barbarie. Transfert de Technologie en Agriculture MADER/DERD\_PNTTA (Ed.), Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural, Bulletin Mensuel d'information et de liaison du PNTTA. n°110 (Arboriculture) : 4 pp.
- [37] Zahdali G., 2003. Evaluation des niveaux de résistance de *Tetranychus urticae* Koch à différents acaricides d'usage fréquents sur fraisier à Loukkos. Mémoire 3ème Cycle Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Rabat, 125 pp.
- [38] Zidane L., Salhi S., Fadli M., El Antri M., Taleb A. et Douira A., 2010. Étude des groupements d'adventices dans le Maroc occidental. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, 14(1) : 153-166.