



La microflore fongique des racines du Haricot au Liban

P. DAVET, A. RAVISÉ *, C. BAROUDY **

avec la collaboration technique de N. ABOU HADIR

Laboratoire de Botanique et de Pathologie végétale E.N.S.A.,
Centre de recherches agronomiques I.N.R.A.,
34060 Montpellier Cedex, France

* Services scientifiques centraux de l'O.R.S.T.O.M.
70-74 route d'Aulnay,
93140 Bondy, France

** Ministère de l'Agriculture, Beyrouth, Liban

Résumé

La microflore fongique des racines du Haricot a été étudiée dans les principales régions de culture du Liban. Les parasites les plus importants sont le *Fusarium solani* f. sp. *phaseoli*, divers *Pythium* et le *Rhizoctonia solani*. Ces champignons ont été inoculés à des variétés locales ou étrangères. C'est dans le groupe des Flageolets que l'on rencontre le meilleur comportement vis-à-vis de l'ensemble de ces parasites. L'influence des conditions extérieures sur le comportement de quelques-uns des champignons est discutée.

Introduction

Le Haricot, cultivé sur une surface d'environ 1 800 ha, constitue avec la Tomate et le Concombre l'une des principales productions maraîchères du Liban. Les rendements moyens sont difficiles à évaluer, car ils varient considérablement selon les régions et le mode de culture. Ils oscillaient en 1975 entre 20 et 50 q/ha pour la production de filets ou de gousses et entre 11 et 14 q/ha pour la production de grains. Malgré une légère augmentation récente, ces résultats demeurent assez médiocres comparés à ceux de pays voisins comme Chypre, l'Égypte ou la Syrie (tabl. 1). Les attaques parasitaires et en particulier les pourritures de racines, très répandues, constituent à notre avis l'une des principales causes de la faiblesse des rendements.

Les études consacrées à la flore parasitaire des racines du Haricot ont été réalisées essentiellement aux États-Unis. Elles concernent surtout le *Fusarium solani* f. sp. *phaseoli* (Nash, 1963 ; Toussoun, 1970 ; Burke et al., 1972 ; Lewis et Pápavizas, 1977 ; Miller et Burke, 1977), mais aussi le *Rhizoctonia solani* (Bateman et Lumsden, 1965 ;

O.R.S.T.O.M.

* Ce texte est le résumé d'une partie d'un mémoire qui aurait dû être publié en 1976 dans la revue *Magon*, éditée par l'Institut Libanais de Recherche Agronomique.

For

N° 2174

Cot B

Date 29 DEC. 1982

TABLEAU 1

Rendements moyens en quintaux par hectare de quelques pays du Proche-Orient,
selon les statistiques de la F.A.O. concernant l'année 1977

Mean yield (q/ha) of some countries of the Middle-East for the year 1977, according to F.A.O. statistics

Pays	Haricots verts	Haricots secs
Chypre	71,7	15,6
Egypte	83,8	24,6
Israël	125,0	—
Jordanie	54,4	—
Liban	51,0	13,5
Syrie	68,5	18,5
Turquie	—	15,7

Papavizas *et al.*, 1975), les *Pythium* (Dow et Lumsden, 1975 ; Pieczarka et Abawi, 1978b), les *Sclerotinia* (Lumsden et Dow, 1973 ; Abawi et Grogan, 1975), le *Thielaviopsis basicola* (Papavizas *et al.*, 1970 ; Pierre et Wilkinson, 1970 ; Papavizas et Lewis, 1972)...

En revanche, peu de recherches ont été entreprises sur ce sujet en Europe et dans le Bassin Méditerranéen durant ces vingt dernières années. Aussi avons-nous pensé qu'il pourrait être profitable d'exposer les résultats de quelques travaux effectués de 1970 à 1975 au Liban sur la nature, la répartition et l'écologie des parasites des racines du Haricot.

Matériel et méthodes

Lieux de prélèvement et échantillonnage

Trois zones de prélèvement ont été définies (fig. 1) :

— la Côte Nord, entre Beyrouth et Amchit, de climat méditerranéen typique. On y pratique, en plein air, des cultures d'automne (en général après des concombres) entre fin septembre et décembre, ou des cultures de printemps (en général après des laitues) entre mars et juin ou juillet ;

— la Côte Sud, autour de Jyé, de climat méditerranéen plus chaud que la Côte Nord, a deux saisons de culture, avec la possibilité d'une production en hiver sous abri froid ;

— la Béqaa, plaine intérieure de climat continental. On n'y pratique qu'une culture d'été, étalée de mai à septembre.

Au moins une fois par mois, dix à quinze plants de Haricot ont été prélevés dans plusieurs parcelles représentatives de chacune de ces régions.

Deux autres sites ont été prospectés occasionnellement : la Montagne Libanaise où les périodes de culture varient considérablement selon les microclimats, et le 'Akkar, au nord de Tripoli.

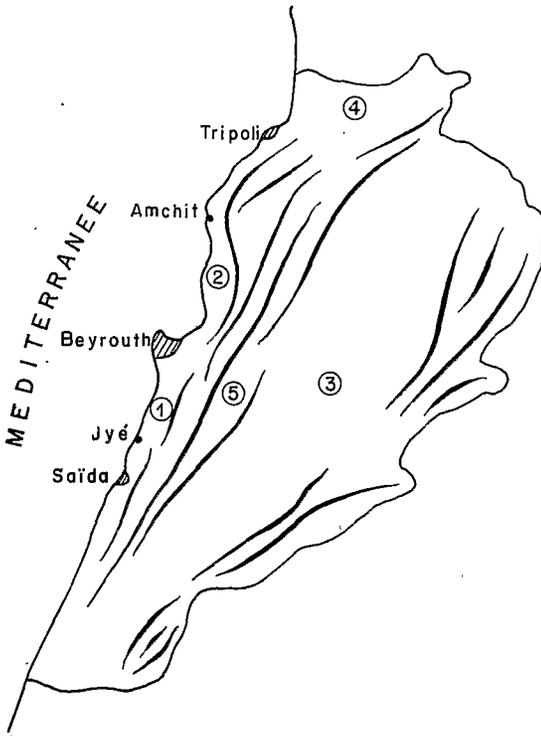


FIG. 1. — Régions de prélèvement au Liban.

Sampling areas in Lebanon.

- 1 Côte Sud. Southern Coast.
- 2 Côte Nord. Northern Coast.
- 3 Beqaa.
- 4 'Akkar.
- 5 Mont Liban. Lebanon Mountain.

Techniques d'isolement

Les racines sont d'abord observées à la loupe binoculaire et les parties nécrosées, grises ou brunes, sont retenues. Elles sont lavées à l'eau courante pendant 40 min, puis désinfectées superficiellement avec de l'hypochlorite de sodium à 5 p. 100 pendant 1 à 2 min, selon leur diamètre, et rincées à l'eau stérile.

La technique précédente a été comparée à celle de Harley et Waid (1955) : vingt lavages successifs dans l'eau stérile avec agitation mécanique pendant 1 min, les flacons étant changés tous les quatre lavages.

Dans les deux cas, les racines, découpées en fragments de 3 à 4 mm de long, sont déposées sur une décoction gélosée de pomme de terre additionnée, après autoclavage, de 100 mg/l d'acide citrique et de 30 mg/l de sulfate de streptomycine (milieu PDAS).

Pour un isolement sélectif des Siphomycètes, les racines sont simplement lavées à l'eau courante puis déposées, après fragmentation, sur de la farine d'avoine gélosée

additionnée, après autoclavage, de pimafucine (70 mg/l), de polymyxine (70 mg/l) et de pénicilline (70 mg/l) (milieu 3 P). Les isolements sont ensuite conservés sur farine d'avoine gélosée enrichie ou non en thiamine (100 mg/l).

Inoculations

Les champignons sont cultivés en fioles de Roux sur un mélange de sable humide et de farine d'avoine (30 g pour 1 litre de sable), autoclavé à 120 °C pendant 20 min, deux fois à un jour d'intervalle. L'inoculum, récolté au bout d'un mois d'incubation à 24 °C, est mélangé à de la terre stérile dans la proportion de 1/10 (vol./vol.). Ce mélange est ensuite réparti dans des pots de 18 cm de diamètre. Quatre graines sont semées dans chaque pot. Les cultures sont maintenues en serre jusqu'au moment de la notation, qui est faite un mois après la levée.

Les plantes sont alors arrachées, lavées et notées individuellement selon une échelle allant de 0 (racines et collets sains) à 4 (racines détruites, base de l'hypocotyle pourrie).

Résultats

Flore du rhizoplan

On peut estimer que la méthode des lavages successifs permet d'isoler à la fois les champignons présents à la surface et à l'intérieur des racines, tandis que la désinfection à l'hypochlorite de sodium ne laisse subsister que les espèces installées dans les tissus. Par différence entre les résultats obtenus par les deux techniques à partir d'un même échantillon, on peut ainsi avoir une idée approximative de la mycoflore présente sur le rhizoplan.

On n'observe pas de variation qualitative dans l'occupation de ces deux niches écologiques chez le Haricot, mais on note quelques différences quantitatives (tabl. 2) : ainsi, il y a au moins deux fois plus de *Fusarium oxysporum* à la surface de la racine qu'à l'intérieur. Le *Rhizoctonia solani* est plus abondant sur le rhizoplan. Le rhizoplan héberge aussi, ce qui n'est pas surprenant, plusieurs micromycètes courants du sol : *Alternaria*, *Aspergillus*, Mucorales, *Penicillium*, etc. Un *Cephalosporium* sp., par contre, est présent surtout à l'intérieur de la plante, et plus particulièrement dans le système vasculaire.

Il semblerait, à la lecture du tableau 2, que les Pythiacées soient plus abondantes sur le rhizoplan que dans la racine ; en fait, cela est dû à l'effet dépressif que la désinfection à l'hypochlorite de sodium exerce sur cette catégorie de champignons.

Flore des racines

Dans toutes les zones de culture, les racines sont très tôt et très abondamment colonisées. En fin de cycle, dans les régions de culture intensive (Côte Nord et Côte Sud), le système racinaire de toutes les plantes est fortement nécrosé, et plusieurs thalles différents sont souvent obtenus à partir d'un seul fragment élémentaire mis en culture.

TABLEAU 2

Mycoflore obtenue sans désinfection superficielle des racines et après désinfection. Les résultats sont exprimés en pourcentages de thalles apparus, par rapport à l'ensemble des fragments de racines mis en culture. Le signe + indique une forte différence en faveur du rhizoplan (facteur 2 ou supérieur) ; le signe — indique une forte différence en faveur de la racine proprement dite.

Root mycoflora obtained either without or after superficial disinfection. Figures represent the percentages of observed thalli, calculated in relation to the whole root fragments incubated. The sign + indicates a fungus more abundant on the root surface than inside the root ; the sign — indicates a fungus prevalent inside the root.

Genres et espèces isolés	Rapport rhizoplan/racine	Après lavage à l'eau stérile	Après désinfection à l'hypochlorite
<i>Alternaria</i>	+	7,3	2,3
<i>Aspergillus</i>	+	11,9	3,4
<i>Aureobasidium pullulans</i>		0,2	0,0
<i>Cephalosporium</i> sp.....	—	0,7	4,7
<i>Cladosporium</i>		0,3	1,0
<i>Curvularia</i>		0,3	0,0
<i>Cylindrocarpon destructans</i>		2,9	2,3
<i>Fusarium oxysporum</i>	+	45,9	13,9
<i>Fusarium roseum</i>	+	13,3	6,9
<i>Fusarium solani</i>	+	14,6	7,5
<i>Fusarium</i> spp		3,1	5,7
<i>Geotrichum</i>		0,2	0,0
<i>Macrophomina phaseoli</i>		5,3	
Mucorales	+	5,6	0,8
<i>Penicillium</i>	+	8,0	3,3
<i>Phoma</i>	+	5,1	0,5
Pythiacées.....	(+)	10,2	3,1
<i>Rhizoctonia solani</i>	+	12,2	4,9
<i>Torula</i>		0,0	0,2
<i>Trichoderma</i>		0,3	0,0
Mycéliums stériles hyalins		3,9	4,6
Mycéliums stériles sombres		3,9	2,3
Indéterminés		0,3	0,7
Total		155,5	72,2

Les champignons dont la fréquence est élevée sont, par ordre d'importance décroissante : *Fusarium solani*, *F. oxysporum*, *Rhizoctonia solani*, *F. roseum* var. *gibbosum*, *Pythium* spp., *Phytophthora palmivora* et *Macrophomina phaseoli* (tabl. 3). Tous les isollements courants étant pratiqués, après désinfection à l'hypochlorite de sodium, sur milieu PDAS, il convient de remarquer que dans ces conditions les Pythiacées sont notablement sous-évaluées ; l'emploi du milieu 3 P permet de mieux apprécier leur place dans la mycoflore.

Outre les champignons précédents, certaines espèces, bien que sans importance numérique dans les recensements, sont cependant présentes régulièrement, quoique discrètement, dans une forte proportion des échantillons analysés, comme le montre le tableau 4. C'est le cas par exemple d'un *Cephalosporium* sp. dans les prélèvements de printemps, et des mycéliums gris stériles quelle que soit la saison.

L'ensemble de ces espèces, abondantes ou non mais régulièrement présentes, constitue la mycoflore caractéristique des racines du Haricot dans les régions considérées. Le tableau 5 résume les résultats qui précèdent.

TABLEAU 3

Répartition des principaux composants de la mycoflore des racines du Haricot. Les nombres représentent les pourcentages des isoléments de chaque espèce, calculés par rapport à l'ensemble des thalles obtenus (désinfection à l'hypochlorite de Na)

Repartition of the main constituents of Bean root mycoflora. A figure represents the amount of each species isolated, in relation to the whole number of thalli appeared (sodium hypochlorite disinfection)

	Printemps		Été	Automne	
	Côte Nord	Côte Sud	Béqaa	Côte Nord	Côte Sud
<i>Alternaria</i>	2,1	3,1	1,7	2,1	0,4
<i>Aspergillus</i>	1,0	0,6	0,3	3,7	0,9
<i>Cephalosporium</i>	3,3	5,4	0,8	0,7	0,0
<i>Cylindrocarpon destructans</i>	2,1	6,2	1,1	4,5	0,4
<i>Fusarium oxysporum</i>	19,7	9,9	20,6	13,0	23,4
<i>Fusarium roseum</i>	11,4	4,7	6,8	12,8	2,1
<i>Fusarium solani</i>	19,0	21,3	27,3	22,4	34,0
<i>Fusarium</i> spp.	3,2	4,8	2,3	3,6	1,3
<i>Macrophomina phaseoli</i>	7,4	8,3	6,8	4,6	3,4
<i>Penicillium</i>	1,5	5,0	2,8	1,8	0,4
<i>Pythium</i> et <i>Phytophthora</i>	3,9	1,7	2,5	5,7	20,9
<i>Rhizoctonia solani</i>	15,0	18,5	16,9	13,1	8,5
Myc. stériles hyalins	2,1	4,8	1,7	4,0	2,1
Myc. stériles sombres	5,7	3,3	5,9	3,7	2,2
Divers.....	2,6	2,4	2,5	4,3	0,0

TABLEAU 4

Fréquence des champignons dans les échantillons. Les nombres représentent, pour chaque campagne de prélèvements, les pourcentages de plantes dont les racines ont fourni au moins une fois une espèce donnée (désinfection à l'hypochlorite de sodium)

Frequency of fungi in root samples. Figures represent, for each sampling season, the percentages of plants the roots of which gave at least once a given species (sodium hypochlorite disinfection)

	Printemps		Été	Automne	
	Côte Nord	Côte Sud	Béqaa	Côte Nord	Côte Sud
<i>Alternaria</i>	42,3	29,4	20,0	52,6	20,0
<i>Aspergillus</i>	34,6	23,5	6,7	52,6	40,0
<i>Cephalosporium</i> sp.	50,0	64,7	13,3	15,8	0,0
<i>Cylindrocarpon destructans</i>	26,9	41,2	13,3	31,6	20,0
<i>Fusarium oxysporum</i>	76,9	88,2	93,3	84,2	100,0
<i>Fusarium roseum</i>	61,5	76,5	33,3	73,7	40,0
<i>Fusarium solani</i>	76,9	82,4	80,0	94,7	100,0
<i>Macrophomina phaseoli</i>	61,5	58,8	46,7	63,2	80,0
<i>Penicillium</i>	61,5	23,5	20,0	36,8	20,0
<i>Pythium</i> et <i>Phytophthora</i>	26,9	41,2	26,7	52,6	80,0
<i>Rhizoctonia solani</i>	65,4	88,2	53,3	63,2	60,0
Myc. stériles hyalins	53,8	70,6	26,7	73,7	40,0
Myc. stériles sombres	65,4	70,6	53,3	68,4	60,0

TABLEAU 5

Classement schématique des champignons isolés sur les racines du Haricot en fonction de leur importance numérique et de la régularité de leur présence. Ce tableau regroupe l'ensemble des données recueillies pour les différentes zones de prélèvement

Schematic classification of fungi isolated from Bean roots, according to their number and to the steadiness of their presence. This table collects all the data obtained from the different sampling areas

Fréquence dans les échantillons	Champignons	Importance dans la mycoflore
Présents régulièrement dans plus de 75 p. 100 des échantillons	<i>Fusarium solani</i>	+ + + +
	<i>Fusarium oxysporum</i>	+ + +
	<i>Rhizoctonia solani</i>	+ + +
	<i>Macrophomina phaseoli</i>	+ +
	Mycéliums stériles sombres	+
Présents régulièrement dans 50 à 75 p. 100 des échantillons	<i>Cylindrocarpon destructans</i>	+
Présent dans moins de 40 p. 100 des échantillons		
Présence irrégulière, mais peut dépasser 50 p. 100 des échantillons	<i>Pythium</i>	+ + à + + + +
	<i>Fusarium roseum</i>	+ + à + + + +
	Mycéliums stériles hyalins	+
Présence irrégulière, atteint rarement 50 p. 100 des échantillons	<i>Alternaria</i>	+
	<i>Aspergillus</i>	+
	<i>Cephalosporium</i> sp.	+
	<i>Penicillium</i>	+
+ + + + : de 20 à 35 p. 100 des thalles	from 20 to 35 p. 100 of thalli	
+ + + : de 10 à 20 p. 100 des thalles	from 10 to 20 p. 100 of thalli	
+ + : de 5 à 10 p. 100 des thalles	from 5 to 10 p. 100 of thalli	
+ : moins de 5 p. 100 des thalles	less than 5 p. 100 of thalli	

Etude des principaux champignons parasites

Fusarium solani f. sp. *phaseoli*.

Le nombre d'isolements de *F. solani* obtenus à partir des racines atteint, dès les premiers stades des cultures et en toute saison, un niveau très élevé. La majorité des souches isolées se montrent pathogènes vis-à-vis du Haricot ; elles correspondent à la forme spéciale *phaseoli*. Ces isolements pathogènes sont généralement caractérisés par une forte pigmentation bleu foncé sur milieu PDA ou sur avoine gélosée. Cette coloration persiste ou disparaît parfois au cours des repiquages successifs. Le pigment bleu est complètement absent chez les *F. solani* non pathogènes pour le Haricot, isolés du sol ou des racines des Solanacées ou des Cucurbitacées présentes dans les mêmes parcelles. Les macroconidies sont abondantes et, selon les souches, formées ou non dans des pionnotes. Elles possèdent en général trois cloisons et mesurent $3,5 \text{ à } 6 \times 20 \text{ à } 45 \mu\text{m}$. Il y a peu de microconidies. Les chlamydospores, rares en culture pure, peuvent être abondantes dans les tissus. La température optimum de croissance *in vitro* du *F. solani* f. sp. *phaseoli* est de 28-30 °C.

La Fusariose vient largement en tête des maladies racinaires du Haricot en culture de plein champ au Liban. Sur la côte, où les dégâts sont sévères, les plantes peuvent être atteintes dès leur germination. On observe alors des fontes de semis. Lorsque l'attaque a lieu après la levée, des lésions brun foncé, allongées, apparaissent

au niveau du collet. Elles se rejoignent rapidement et entourent la base de l'hypocotyle d'un manchon continu. Le système racinaire est fortement nécrosé. Souvent la racine principale disparaît et les plantes ne survivent que grâce aux racines adventives qu'elles sont encore capables d'émettre. Elles restent chétives, avec des feuilles d'une taille inférieure à la normale, et leur floraison est réduite. L'abaissement de la température pendant la saison hivernale ne suffit pas à enrayer la progression de la maladie.

Nous avons éprouvé le comportement d'une gamme de soixante-trois variétés et hybrides de Haricot, ainsi que de quelques espèces de *Phaseolus*, vis-à-vis de nos isolements*. Un mélange de cinq souches d'origine différente était utilisé pour chaque inoculation.

Les huit variétés d'origine locale les plus cultivées sont sensibles. Seule la variété Maltieh, à graines bistres, est légèrement tolérante (Davet et Sardy, 1972). Dans le groupe des variétés françaises, le type « Flageolet » a un comportement généralement satisfaisant : cinq variétés sur dix-sept (AR 6 C, Chenel, Chevrier, Elsa et Shako) ont reçu une note inférieure ou égale à 1,5. Dans le type « Mangetout », la variété Superviolet Foncé s'est montrée intéressante, les neuf autres variétés éprouvées étant sensibles. Parmi les haricots d'origine tropicale, certaines variétés de Hawaii ou de Haïti (à graine pigmentée) ont manifesté une bonne tolérance. La lignée américaine 2114-12 a reçu la note 1 ; par contre la lignée NC 203 958 s'est avérée sensible dans tous les essais. Enfin les espèces *Phaseolus coccineus* et *P. aborigineus*, ainsi qu'un hybride *P. vulgaris* × *P. formosus* paraissent résistants (tabl. 6).

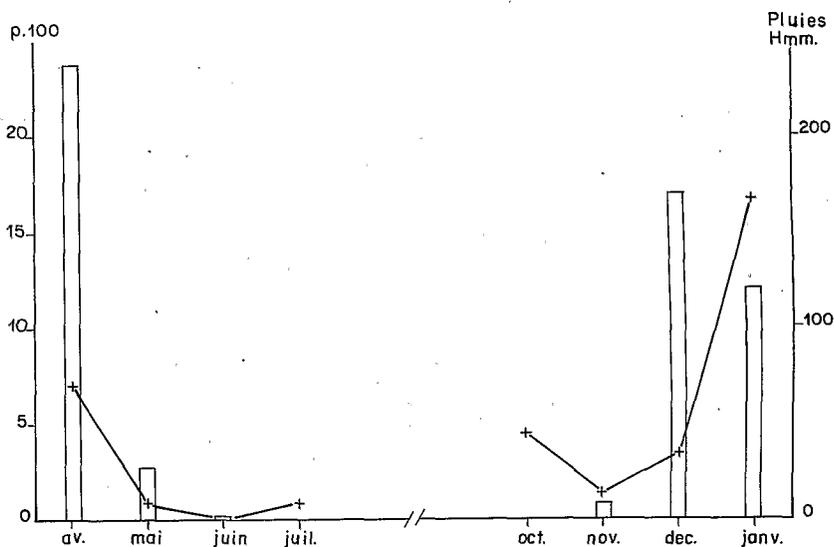


FIG. 2. — Evolution du pourcentage de thalles de Pythiacées isolés sur la Côte Nord et Sud (courbe) en relation avec les chutes de pluie (histogrammes).
Evolution of percentages of Pythiaceae thalli isolated in Northern and Southern Coast (curve) in relation to rainfalls (histograms).

* Nous remercions vivement G. Fouilloux et C. M. Messiaen (I.N.R.A.), le Dr Wilkinson (Cornell University) pour les semences qu'ils nous ont fournies.

TABLEAU 6

Résultats d'inoculations par le *Fusarium solani* f. sp. phaseoli, réalisées en 1973 et 1974.

Echelle de notation de 0 (plantes saines) à 4 (racines entièrement détruites)

Results of inoculations of *Phaseolus vulgaris* and related species by *Fusarium solani* f. sp. phaseoli.
Notation scale from 0 (healthy plants) to 4 (roots completely destroyed)

Variété	Note	Variété	Note
<i>Variétés locales</i>		Vernel	2,7
Maltieh	1,9	Moyenne du groupe	1,9
Chamyeh	2,5	— Type « haricot à grain »	
Variété à grains rouges	2,5	Michelite	1,7
Romano	2,5	Comtesse de Chambord	1,9
Snaoubaryeh	2,6	— Variétés originaires d'îles tropicales	
Bedryeh	2,7	Haïti 1	0,6
Mariamyeih	2,7	Haïti C2	1,0
Saouda	2,7	Hawaïan wonder	1,3
Moyenne du groupe	2,5	Manoa wonder	1,3
<i>Autres variétés cultivées localement</i>		Haïti A1	1,3
Harvester	2,1	Haïti C1	1,5
Kentucky wonder	2,3	Haïti J	1,7
Astro	2,5	Haïti B	1,8
<i>Variétés de la collection I.N.R.A.</i>		Haïti D	1,8
— Type « mangetout »		Haïti H	1,8
Superviolet foncé	1,0	Haïti I	1,8
Maxidor	1,9	Haïti A2	2,0
Saconel	2,3	Haïti F	2,0
Tenderette	2,3	Haïti G	2,0
Findor	2,4	Haïti L	2,0
Internor	2,6	Haïti K	2,5
DB 3 N	2,8	Moyenne du groupe	1,7
AB 10	2,9	<i>Variétés d'origine américaine</i>	
Silyert	3,0	2114-12	1,0
Corène	3,5	N 203 558	2,3
Moyenne du groupe	2,5	N 203 958	3,0
— Type « flageolet »		<i>Espèces autres que Phaseolus vulgaris</i>	
AR 6 C	1,3	— <i>P. coccineus</i>	
Chenel	1,4	Emergo	1,0
Chevrier	1,5	Désirée	1,0
Elsa	1,5	Kelvedon marvel	1,0
Shako	1,5	— <i>P. aborigineus</i>	
Pleurs	1,6	N. I. 190	1,1
90 jours amélioré	1,7	— Hybrides <i>P. vulgaris</i> × <i>P. formosus</i>	
Suma	1,8	Vufo 31	0,8
Union tardif	1,8	Vufo 113	2,1
Vert d'Herbault	1,8	— Hybrides <i>P. vulgaris</i> × <i>P. coccineus</i>	
Flavert	1,8	KP F 4	2,4
Arado	2,0	KP 16	2,4
Merveille de France	2,0		
Romo	2,1		
Vilmorin vert	2,3		
Incomparable	2,5		

Pythiacées.

Peu favorisées dans la Béqaa à cause du froid hivernal et de la sécheresse estivale, les Pythiacées sont par contre très répandues sur la côte. Elles y prédominent en automne, qui est une période généralement pluvieuse (fig. 2). Des espèces appartenant aux genres *Pythium* et *Phytophthora* ont été mises en évidence : *Pythium aphanidermatum*, *P. debaryanum*, *P. splendens*, *P. vexans* et *Phytophthora palmivora*. Leurs caractéristiques morphologiques sont résumées dans le tableau 7.

TABLEAU 7

Caractéristiques biométriques (en μm) des espèces de *Pythium* et de *Phytophthora* isolées sur les racines du Haricot au Liban

Biometrical features (in μm) of Bean root *Pythium* and *Phytophthora* species in Lebanon

Espèce	Diamètre des hyphes	Diamètre des chlamydospores	Diamètre des oogones	Anthéridies	Sporocystes
<i>Pythium aphanidermatum</i>	2-7	12-15	25	tonnelets, paragynes, 8-10 \times 12-16	indifférenciés, toruleux
<i>P. debaryanum</i>	2,5-5	12-15	16-22	claviformes, paragynes, 4-8 \times 8-15	ovoïdes, 15-20 \times 20-25
<i>P. splendens</i>	3-6	15-30	20-30	claviformes, paragynes, 8-10 \times 10-15	indifférenciés, très rares
<i>P. vexans</i>	2,5-4		18	globuleuses, paragynes, 6-8 \times 8-12	ovoïdes, 15-20 \times 17-25
<i>Phytophthora palmivora</i>	3,5-8	20-40	25-40	trapues, amphigynes 5-7 \times 10-15	limoniformes, 25-40 \times 30-50

Les différents *Pythium* que nous avons isolés provoquent les mêmes symptômes sur les racines : brunissement, pourriture molle, puis décomposition des tissus corticaux, laissant le cylindre central à nu, destruction des radicelles, parfois formation de nécroses rougeâtres sur l'hypocotyle. Tous se développent bien, *in vitro*, entre 20 et 32 °C, et ont un optimum thermique compris entre 28 et 30 °C (fig. 3). Plusieurs espèces peuvent coexister sur la même plante. Présentes surtout dans les tissus jeunes, elles peuvent néanmoins être isolées à tous les stades de développement des cultures.

Le *P. aphanidermatum* semble responsable, avec le *P. splendens*, de la plupart des fontes de semis et des dépérissements de plantules. Le *P. debaryanum* est présent surtout dans les sols lourds et mal drainés. Le *P. vexans*, plus rare, sévit plutôt en période froide.

Le *Phytophthora palmivora* s'obtient difficilement en culture pure et l'emploi du milieu 3 P est indispensable pour le mettre en évidence. Les souches provenant du Haricot ont les mêmes caractères que celles que nous avons étudiées sur Tomate. Confrontées entre elles suivant leur polarité sexuelle, les souches de diverses origines sont interfertiles. Les symptômes sur les racines du Haricot sont semblables à ceux causés par les *Pythium*. Il peut, en outre, apparaître au collet des petites taches translucides qui deviennent molles et s'étendent longitudinalement. L'optimum thermique de croissance du *P. palmivora* est proche de 30 °C.

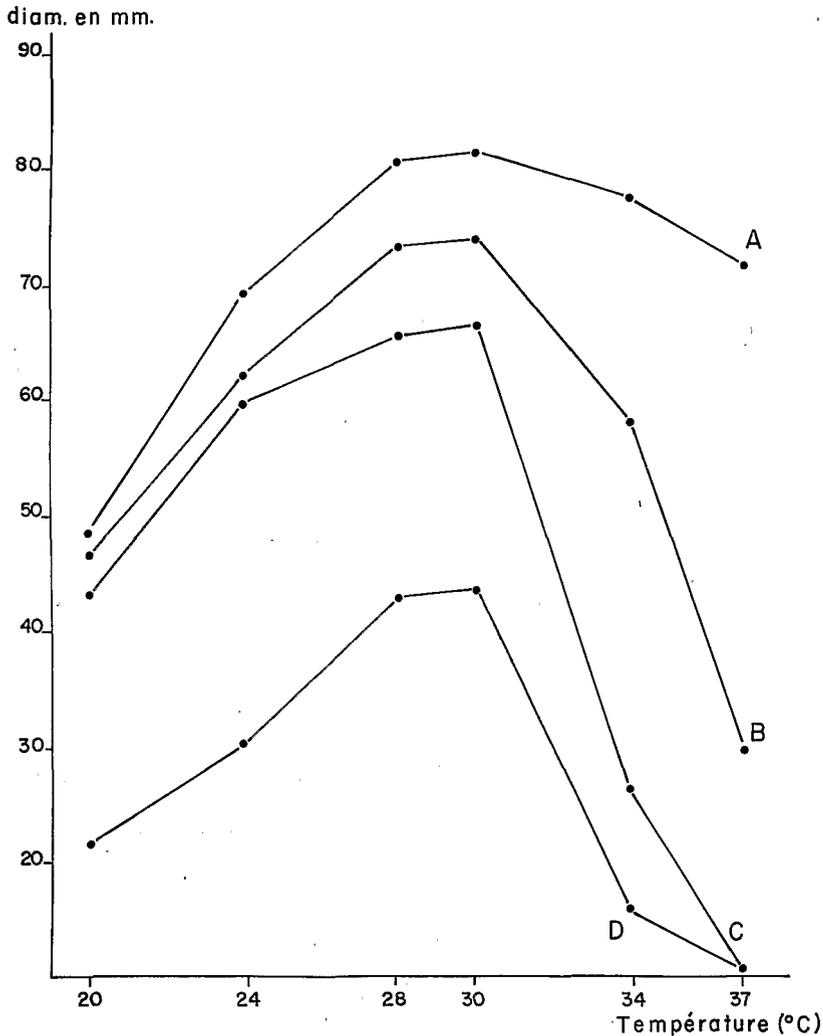


FIG. 3. — Croissance radiale en 36 h, sur décoction d'avoine gélifiée et glucosée, de souches de *Pythium* parasites du Haricot.

Radial growth after 36 h incubation on oat dextrose agar of Bean parasitic *Pythium* species.

- A : *P. aphanidermatum*
- B : *P. debaryanum*
- C : *P. splendens*
- D : *P. vexans* (avec addition de thiamine)
(thiamine supplemented medium)

Des inoculations ont été réalisées avec le *P. aphanidermatum*, le *P. debaryanum* ou *P. palmivora* sur deux variétés locales de Haricot ainsi que quatre variétés de Flageolet. Les pots étaient arrosés quotidiennement mais en évitant d'atteindre la saturation. Il en ressort que les Flageolets, peu sensibles à la Fusariose, sont aussi moins sensibles que les variétés locales aux souches de Pythiacées éprouvées.

L'association du *P. palmivora* et du *P. debaryanum* n'entraîne pas une aggravation des symptômes.

Enfin, l'association de ces espèces au *F. solani* f. sp. *phaseoli* n'a pas modifié la sensibilité à la fusariose des deux variétés de Haricot que nous avons inoculées.

Rhizoctonia solani.

Ce champignon constitue le parasite le plus important du Haricot dans la plaine de la Béqaa. Il provoque des fontes de semis souvent graves, et des chancres de l'hypocotyle dans les 3 à 4 semaines qui suivent la levée. Les attaques tardives sont exceptionnelles. Les chancres dus au *Rhizoctonia solani* se distinguent des lésions attribuables au *Fusarium solani* f. sp. *phaseoli* par une couleur nettement plus rougeâtre ; le plus souvent, ils n'entourent pas complètement le collet et le système racinaire profond n'est presque jamais atteint. Le *F. solani* f. sp. *phaseoli* envahit au contraire l'ensemble des racines.

Tous nos isolements ont un thalle brun clair et forment des sclérotés lâches de forme irrégulière. Leur température optimale de croissance est de l'ordre de 28 °C.

Le *R. solani* est toujours plus abondant dans les isolements au printemps et en été qu'en arrière-saison (respectivement 18,5 p. 100 des isolements contre 8,5 p. 100 dans la Côte Sud, par exemple). La température est sans doute le principal facteur responsable de cette variation saisonnière : dans nos inoculations en serre, nous avons régulièrement obtenu des chancres plus étendus aux températures les plus élevées, de façon beaucoup plus constante et plus nette que dans le cas de la Fusariose.

Il existe actuellement peu de variétés de Haricot résistantes au *R. solani*. Les variétés locales sont très sensibles, les Mangetout se sont montrés sensibles, et les Flageolets partiellement résistants. Ainsi, pour des inoculations réalisées en saison fraîche, les notes moyennes de ces trois groupes ont été respectivement 3,1, 2,2 et 1,7.

Très fréquemment le *R. solani* se trouve associé, dans les lésions, à d'autres espèces pouvant parfois avoir elles-mêmes un rôle pathogène. Ainsi, sur trois cent vingt-trois fragments de racines ayant fourni du *R. solani* après incubation sur un milieu d'isolement, deux cent dix-huit (soit 67,4 p. 100) ont fourni simultanément un autre champignon : le plus souvent des *Fusarium* (cent soixante-quinze fragments), parfois aussi le *Cylindrocarpon destructans* ou un *Cephalosporium* sp. Dans le cas de l'association classique *R. solani* + *F. solani*, décrite par Elarosi (1957) sur la Pomme de terre, les lésions sur l'hypocotyle sont plus importantes (tabl. 8).

TABLEAU 8

Résultats d'une inoculation de la variété locale *Bedryeh* par le *F. solani* f. sp. *phaseoli* et le *R. solani*, seuls ou en combinaison. Echelle de notation de 0 (plantes saines) à 4 (racines entièrement détruites)

Results of an inoculation of the local cultivar *Bedryeh* by *F. solani* f. sp. *phaseoli* and *R. solani*, alone or associated. Notation scale from 0 (healthy plants) to 4 (roots completely destroyed)

Espèces inoculées	Notation
<i>F. solani</i> f. sp. <i>phaseoli</i> (1 vol.)	2,2
<i>R. solani</i> (1 vol.)	2,6
<i>F. solani</i> + <i>R. solani</i> (1/2 vol. + 1/2 vol.)	3,0

Cephalosporium sp.

Ce champignon, qui fait partie de la flore commune du sol, est isolé régulièrement mais toujours en faible quantité, principalement dans la zone vasculaire. Il peut être inoculé expérimentalement au Haricot et être réisolé des racines en fin d'essai ; les symptômes décelés correspondent à un brunissement diffus des tissus envahis. La température agit de façon nette sur son développement dans les plantes (fig. 4) et sur ses manifestations (tabl. 9). Il contribue vraisemblablement, quoique de façon très limitée, aux dépérissements de racines constatés dans les cultures en saison froide.

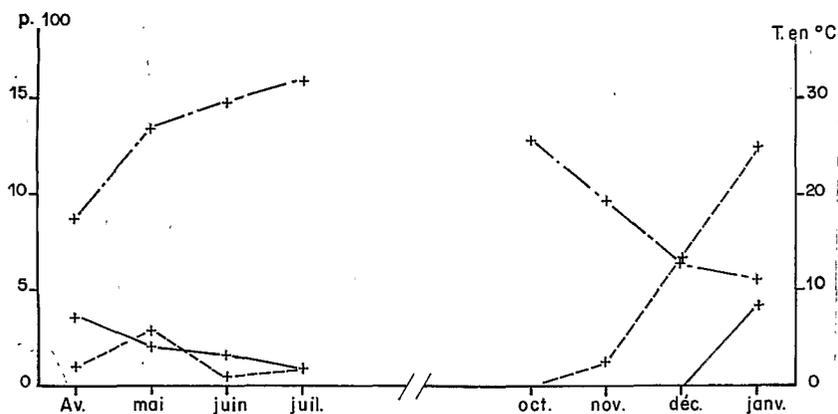


FIG. 4. — Pourcentages de thalles (calculés par rapport au nombre de fragments de racines prélevés sur la Côte Nord et mis en culture) de *Cephalosporium* sp. (—) et de *Cylindrocarpon destructans* (- - -) en relation avec la température (— · — · —).

Percentages of *Cephalosporium* sp. (—) and *Cylindrocarpon destructans* (- - -) thalli obtained from root samples fragments collected in the Northern Coast, in relation to temperature (— · — · —).

TABLEAU 9

Résultats d'inoculations réalisées avec le même isolement de *Cephalosporium* sp. en saison froide et en période chaude, sur deux variétés locales de Haricot. Echelle de notation de 0 à 4

Results of inoculations of two local Bean cultivars, carried out with the same strain of *Cephalosporium* sp., in cold and in warm season. Notation scale from 0 to 4

Variété	Notation	
	hiver	été
Maltieh	1,9	1,0
Snaoubaryeh	2,3	1,5

Cylindrocarpon destructans.

Il est présent dans toutes les cultures mais son agressivité paraît assez faible. Lorsqu'il est inoculé à des plantes en pots, il attaque les régions corticales de l'hypocotyle et des racines, sur lesquelles apparaissent de nombreuses petite taches brunes allongées. La notation des symptômes sur racines dans différents essais d'inoculation est comprise entre 1,2 et 2,3. Il faut le considérer en pratique comme un envahisseur

occasionnel, nettement défavorisé par les fortes températures : on ne l'isole pratiquement plus des racines dès que la température du sol s'élève au-dessus de 20 °C (fig. 4).

Macrophomina phaseoli.

Ce champignon fait partie de la mycoflore courante des sols libanais et se rencontre sur les racines de la plupart des plantes maraîchères, mais seulement en période chaude. Au Liban, il ne manifeste qu'un faible pouvoir pathogène. Lorsque la température dépasse 28 à 30 °C, il peut provoquer des brunissements de tissus. Il se forme alors à la surface des racines des petits sclérotés irréguliers, brun foncé, de 250 à 600 µm de diamètre. Les notes moyennes attribuées à des plantes infectées expérimentalement vont de 0 à 3,2 selon les conditions d'essai et selon les souches employées. Les isolats perdent rapidement leur pouvoir pathogène après un séjour en mycothèque.

Mycéliums gris stériles.

Certains champignons isolés de racines de Haricot restent stériles en culture. Parmi ces isollements figurent des thalles ayant les caractères morphologiques du *Pyrenochaeta lycopersici*, parasite grave de la Tomate. Inoculés au Haricot, ces isollements et la plupart des souches de *P. lycopersici* venant de la Tomate n'entraînent qu'un brunissement discret, plus net en saison froide qu'en saison chaude. Une souche très pathogène pour la Tomate a provoqué cependant sur le Haricot des symptômes un peu plus prononcés (notes : 1,8 et 2 sur notre échelle de notation de 0 à 4) et nous avons pu constater à la loupe la présence de micro-sclérotés noirs à l'intérieur des cellules épidermiques des racines. Inversement, nous avons obtenu des nécroses sur plantules de Tomate à partir d'isollements provenant du Haricot. Il paraît donc certain que cette plante constitue, sans en être affectée, un hôte du *P. lycopersici*, pouvant contribuer au maintien ou à l'accroissement de l'inoculum de ce parasite.

Autres champignons.

Le *Sclerotinia sclerotiorum* et le *S. minor* provoquent des dégâts minimes dans les cultures de plein air, mais ils constituent un véritable fléau pour les cultures sous abri, en saison froide. Ce ne sont pas à proprement parler des parasites des racines. Les premiers foyers d'infection sont généralement situés au ras du sol et correspondent sans doute à la germination des sclérotés. L'inoculum est ensuite disséminé par les insectes ou par les gouttes d'eau de condensation qui tombent du sommet des abris et qui rejaillissent. Les parties aériennes sont alors atteintes, principalement les capuchons floraux. Il est possible qu'il se produise aussi des contaminations par ascospores, mais nous ne l'avons pas vérifié.

Le *Thielaviopsis basicola* n'a été isolé qu'une seule fois, à partir d'un échantillon prélevé sur la Côte Nord. Il manifeste pourtant un pouvoir pathogène élevé dans nos essais d'inoculation. Les racines et l'hypocotyle sont couverts de stries brun noir, allongées, caractéristiques.

Le *Corticium rolfsii* se rencontre exceptionnellement sur la Côte Nord et sur la Côte Sud à la fin du printemps, mais il est abondant dans le 'Akkar durant l'été. Il provoque une pourriture sèche du collet et des racines proches de la surface du sol.

Discussion

La température du sol au Liban, pendant les périodes de culture du Haricot, est élevée : par exemple, les températures moyennes mensuelles dépassent 25 °C de mai à octobre près de Beyrouth, à 30 cm de profondeur. La prévalence du *R. solani* dans la Béqaa est sans doute attribuable à la période de culture, l'été, qui correspond aux températures les plus favorables à ce parasite ; ces températures sont trop faibles cependant pour permettre au *Macrophomina phaseoli* de se comporter comme un agent pathogène sérieux. Inversement, c'est peut-être la chaleur qui limite l'extension du *Cylindrocarpon destructans*, dont l'optimum thermique n'est pas très élevé. Bien que pouvant être un envahisseur primaire de la stèle (Taylor, 1964, et nos infections expérimentales), ce champignon est en effet rare, sauf en décembre et en janvier ; la température moyenne est alors d'environ 15 °C.

Il est moins sûr que l'extrême rareté du *Thielaviopsis basicola* soit due à des températures défavorables. Nos techniques d'isolement se prêtent peut-être mal à la mise en évidence de ce champignon. Cependant, il est peu probable que le *Thielaviopsis basicola* soit très répandu car nous n'avons jamais observé, sur des racines nécrosées, les lésions typiques qu'il provoque en inoculation expérimentale. Il serait intéressant, après avoir confirmé son absence par des techniques de piégeage spécifiques, de rechercher quels sont les phénomènes de régulation qui l'empêchent de s'exprimer, au Liban, sur un hôte aussi sensible que le Haricot (comme d'ailleurs sur l'Aubergine : Davet, 1969).

Le groupe des *Fusarium* domine partout largement, indépendamment de la saison, avec les espèces *solani*, *oxysporum* et *roseum*. Le *F. oxysporum* occupe essentiellement le rhizoplan. Taylor et Parkinson (1965) ont montré que cette colonisation peut être très précoce. Il envahit ensuite, comme colonisateur secondaire, les lésions dues au *F. solani* f. sp. *phaseoli*. Nous avons une situation un peu analogue chez la Tomate, où les *F. oxysporum* non vasculaires de la surface des racines peuvent coloniser secondairement les tissus attaqués par le *Pyrenochaeta lycopersici* (Davet, 1976). Chez le Haricot, on note en outre l'abondance des *F. roseum* qui sont, par contre, très rares dans les racines de tomates cultivées dans les mêmes sols. Ils appartiennent dans leur très grande majorité à la variété *gibbosum*. On les isole souvent, comme le *F. oxysporum*, en association avec le *F. solani* f. sp. *phaseoli*, qui leur ouvre la voie, et aussi avec des *Pythium*. Ces résultats sont tout à fait semblables à ceux qu'avaient obtenus en Californie Nash et Snyder (1967). Récemment, Russell et Warburg (1976) ont décrit une pourriture du collet due à un *F. roseum* var. *culmorum*. Aucun de nos isoléments de *F. roseum* ne s'est montré pathogène en inoculation.

Pour les *Pythium* et le *Phytophthora palmivora*, le facteur le plus important semble être la teneur en eau du sol. Cela apparaît nettement lorsque l'on compare les fréquences d'isollements en automne et au printemps (fig. 2). En automne, on assiste à une progression régulière des isollements, corrélative à l'installation des pluies. La pointe d'octobre, qui est pourtant un mois sec, s'explique parce qu'elle correspond à la période de sensibilité maximum des haricots, en début de culture. Au printemps au contraire, la proportion de *Pythium* isolés à partir des racines diminue au cours de la saison, au fur et à mesure que les chutes de pluies se raréfient. La pratique de l'irri-

gation à la rigole permet d'éviter le maintien d'une humidité prolongée à la surface du sol, comme c'est le cas avec l'arrosage par aspersion.

Contrairement à Pieczarka et Abawi (1978a), nous n'avons pas observé de synergie entre les *Pythium* et le *F. solani*, ni d'antagonisme entre le *R. solani* et les *Pythium*. Il est vrai que ces auteurs ont expérimenté avec le *P. ultimum*, qui ne figure pas dans nos isolements.

Conclusion

Nous avons tenté de schématiser sur la figure 5 le complexe parasitaire des racines du Haricot tel qu'il se présente au Liban. Trois groupes de parasites principaux se dégagent : les Pythiacées, les *Fusarium* et le *Rhizoctonia solani*. Parmi les haricots cultivés, c'est dans le groupe des Flageolets que l'on rencontre le meilleur comportement vis-à-vis de l'ensemble de ces champignons. Un programme de croisement de Flageolets (également résistants à la Mosaïque commune du Haricot) avec des variétés libanaises a donc été entrepris (Ravisé et al., 1976).

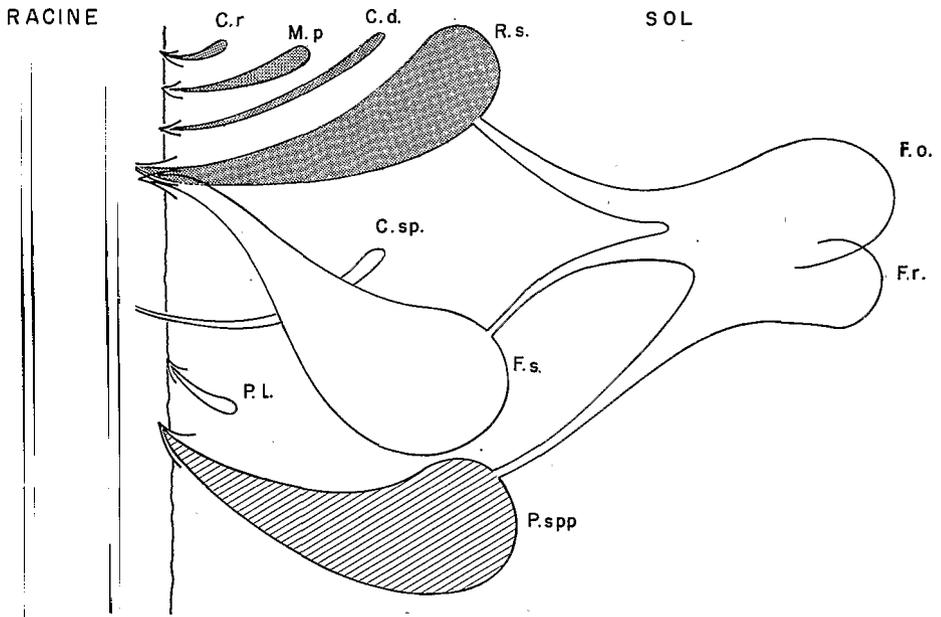


FIG. 5. — Le complexe parasitaire des racines du Haricot au Liban.

La grosseur des flèches est approximativement proportionnelle à l'importance de chaque parasite.

The Bean root parasitic complex in Lebanon-Arrow thickness is approximately proportional to each parasite incidence.



Champignon peu sensible aux conditions extérieures.
Fungus not much influenced by external conditions.



Champignon dont l'évolution dépend de la température.
Fungus the evolution of which is depending on temperature.



Champignon dont l'évolution dépend de la teneur en eau du sol.
Fungus the evolution of which is depending on soil humidity.

C. sp. : *Cephalosporium* sp. ; C. r. : *Corticium rolfsii* ; C. d. : *Cylindrocarpon destructans* ; F. o. : *Fusarium oxysporum* ; F. r. : *Fusarium roseum* ; F. s. : *Fusarium solani* ; M. p. : *Macrophomina phaseoli* ; P. l. : *Pyrenochaeta lycopersici* ; P. spp. : *Pythium* spp. ; R. s. : *Rhizoctonia solani*.

Plusieurs autres agents pathogènes potentiels sont également présents sur les racines, mais ils ne s'expriment pas, ou peu, pour des raisons climatiques (*Macrophomina phaseoli*, *Corticium rolfsii*, *Cylindrocarpon destructans*) ou peut-être biologiques (*Thielaviopsis basicola*). En dehors de l'association éventuelle *Rhizoctonia solani* + *Fusarium solani*, et du *F. roseum* ou du *F. oxysporum* qui s'installent en envahisseurs secondaires, les divers champignons que nous avons identifiés semblent indépendants les uns des autres. Une expérimentation plus poussée amènerait sans doute à nuancer ce premier bilan. Il faudrait tenir compte également de la possibilité d'interactions entre les *Meloidogyne*, qui infestent les sols maraîchers de la côte, et le *F. solani* f. sp. *phaseoli* (Hutton et al., 1973).

Reçu pour publication le 1^{er} avril 1980.

Accepté pour publication le 17 juin 1980.

Summary

The fungal microflora of Bean (Phaseolus vulgaris) roots in Lebanon

Isolations were made from Bean roots, collected at regular intervals from the main cultivated areas in Lebanon.

The most serious parasites were : *Fusarium solani* f. sp. *phaseoli*, *Pythium aphanidermatum* and other *Pythium* spp. and *Rhizoctonia solani*. More unusually were detected *Cylindrocarpon destructans*, *Macrophomina phaseoli*, *Phytophthora palmivora*, *Corticium rolfsii*, *Cephalosporium* sp. and, as an exception, *Thielaviopsis basicola*. *Pyrenochaeta lycopersici*, a parasite of Tomato, was also a Bean root inhabitant. *F. oxysporum* and *F. roseum* var. *gibbosum* were frequently isolated. Located on the root surface, they penetrate the cortex following *F. solani* and *R. solani* (especially *F. oxysporum*) and *Pythium* spp. (especially *F. roseum*).

F. solani occurs whatever the season, *R. solani* is favoured by warmth and *Pythium* sp. by rainfalls. Inoculations were made in the greenhouse by sowing seeds in a sterilized, and then contaminated, soil. All the Lebanese cultivars were susceptible, except Maltieh which was slightly tolerant to fusariosis. Several cultivars of « Flageolet » exhibited a good comportsment towards *F. solani*, *R. solani* and *Pythium* spp.

Références bibliographiques

- ABAWI G. S., GROGAN R. G., 1975. Source of primary inoculum and effects of temperature and moisture on infection of beans by *Wetzelinia sclerotiorum*. *Phytopathology*, **65**, 300-309.
- BATEMAN D. F., LUMSDEN R. D., 1965. Relation of calcium content and nature of the pectic substances in bean hypocotyls of different ages to susceptibility to an isolate of *Rhizoctonia solani*. *Phytopathology*, **55**, 734-738.
- BURKE D. W., HOLMES L. D., BARKER A. W., 1972. Distribution of *Fusarium solani* f. sp. *phaseoli* and bean roots in relation to tillage and soil compaction. *Phytopathology*, **62**, 550-554.
- DAVET P., 1969. Observations sur la mycoflore des racines de quelques plantes maraîchères du Liban. *Rev. Mycol.*, **34**, 62-78.
- DAVET P., 1976. Etude d'interactions entre le *Fusarium oxysporum* et le *Pyrenochaeta lycopersici* sur les racines de la Tomate. *Ann. Phytopathol.*, **8** (2), 191-202.
- DAVET P., SARDY G., 1972. Présence du *Fusarium solani* (Mart.) Sn. et H. f. sp. *phaseoli* (Burk.) Sn. et H. au Liban. *Phytopathol. mediterr.*, **11**, 199-200.
- DOW R. L., LUMSDEN R. D., 1975. Histopathology of infection of bean with *Pythium myriotylum* compared with infection with other *Pythium* spp. *Can. J. Bot.*, **53** (17), 1786-1795.
- ELAROSI H., 1957. Fungal associations. I. Synergistic relation between *Rhizoctonia solani* Kühn and *Fusarium solani* Snyder and Hansen in causing a potato tuber rot. *Ann. Bot.*, N. S., **21**, 84, 555-567.
- F. A. O., 1977. *Annuaire de la production*, vol. **31**.
- HARLEY J. L., WAID J. S., 1955. A method of studying active mycelia on living roots and other surfaces in the soil. *Trans. br. mycol. Soc.*, **38**, 104-118.

- HUTTON D. G., WILKINSON R. E., MAI W. F., 1973. Effect of two plant-parasitic nematodes on *Fusarium* dry root rot of beans. *Phytopathology*, **63**, 749-751.
- LEWIS J. A., PAPAIVIZAS G. C., 1977. Effect of plant residues on chlamyospore germination of *Fusarium solani* f. sp. *phaseoli* and on *Fusarium* root rot of bean. *Phytopathology*, **67**, 925-929.
- LUMSDEN R. D., DOW R. L., 1973. Histopathology of *Sclerotinia sclerotiorum* infection of Bean. *Phytopathology*, **63**, 708-715.
- MILLER D. E., BURKE D. W., 1977. Effect of temporary excessive wetting on soil aeration and *Fusarium* root rot of beans. *Plant Dis. Rep.*, **61**, 175-179.
- NASH S. M., 1963. The existence of *Fusarium solani* f. sp. *phaseoli* in nature. *Diss. Abstr.*, **24**, 2211-2212.
- NASH S. M., SNYDER W. C., 1967. Comparative ability of pathogenic and saprophytic *Fusaria* to colonize primary lesions. *Phytopathology*, **57**, 293-296.
- PAPAIVIZAS G. C., ADAMS P. B., LUMSDEN R. D., LEWIS J. A., DOW R. L., AYERS W. A., KANTZES J. G., 1975. Ecology and epidemiology of *Rhizoctonia solani* in field soil. *Phytopathology*, **65**, 871-877.
- PAPAIVIZAS G. C., LEWIS J. A., ADAMS P. B., 1970. Survival of root infecting fungi in soil. XIV. — Effect of amendments and fungicides on bean root rot caused by *Thielaviopsis basicola*. *Plant Dis. Rep.*, **54**, 114-118.
- PAPAIVIZAS G. C., LEWIS J. A., 1972. Survival of endoconidia and chlamyospores of *Thielaviopsis basicola* as affected by volatile soil fungicides. *Phytopathology*, **62**, 417-422.
- PIECZARKA D. J., ABAWI G. S., 1978a. Effect of interaction between *Fusarium*, *Pythium*, and *Rhizoctonia* on severity of bean root rot. *Phytopathology*, **68**, 403-408.
- PIECZARKA D. J., ABAWI G. S., 1978b. Populations and biology of *Pythium* spp. associated with snap bean roots and soils in New York. *Phytopathology*, **68**, 409-416.
- PIERRE R. E., WILKINSON R. E., 1970. Histopathological relationship of *Fusarium* and *Thielaviopsis* with beans. *Phytopathology*, **60**, 821-824.
- RAVISÉ A., DAVET P., FOUILLOUX G., 1976. Recherche chez divers *Phaseolus* L. de caractères de résistance au *Fusarium solani* (Mart.) Snyd. et Hans. f. sp. *phaseoli* (Burk.) Snyd. et Hans. Création d'hybrides et étude du comportement de leur descendance. Actes IV^e Congr. U.P.M., Zadar, 101-106.
- RUSSELL P. E., WARBURG P. W., 1976. *Fusarium culmorum* on *Phaseolus vulgaris*. *Plant Pathol.*, **25**, 55-56.
- TAYLOR G. S., PARKINSON D., 1965. Studies on fungi in the root region. IV. — Fungi associated with the roots of *Phaseolus vulgaris* L. *Plant Soil*, **22**, 1-20.
- TOUSSOUN T. A., 1970. Nutrition and pathogenesis of *Fusarium solani* f. sp. *phaseoli*. In : Toussoun T. A. et al., *Root diseases and soil-borne pathogens*. 95-98, Univ. California Press.