

DISTRIBUTION ET ÉVOLUTION  
DU COMPLEXE PARASITAIRE DES RACINES DE TOMATE  
DANS UNE RÉGION DU LIBAN OU PRÉDOMINE  
LE *PYRENOCHAETA LYCOPERSICI*  
GERLACH ET SCHNEIDER

P. DAVET

avec la collaboration technique de N. ABOU HADIR

Mission O. R. S. T. O. M. au Liban,  
Institut libanais de Recherche agronomique,  
Jdeïdeh el Metn, Fanar (Liban)

---

RÉSUMÉ

La séparation de l'écorce et du cylindre central des racines avant leur mise en culture fait apparaître un plus grand nombre de thalles que ce que fourniraient les mêmes morceaux non disséqués. Dans les racines qui ne présentent pas de symptômes maladiques, la mycoflore isolée dans la zone corticale est nettement différente de celle de la stèle, qui contient essentiellement des parasites vasculaires. Dans les racines atteintes par la maladie des racines liégeuses, la différence floristique entre ces deux régions anatomiques est fortement atténuée. Le *Fusarium oxysporum* est rare dans les racines d'aspect sain (sauf dans le système vasculaire) et le *F. solani* en est absent. Ces deux *Fusarium* prennent une grande importance dans les racines malades, avec le *Pyrenochaeta lycopersici*. Les proportions relatives des champignons les plus fréquemment isolés dans les racines ne sont pas les mêmes selon qu'il s'agit de cultures de printemps, ou de cultures d'automne. La température du sol paraît être le facteur extérieur le plus directement responsable de ces variations. Certaines espèces, comme le *Rhizoctonia solani* et les *Fusarium*, sont d'autant plus abondantes que la température est plus élevée. D'autres, comme le *P. lycopersici* et le *Cephalosporium acremonium*, sont plus fréquentes aux basses températures.

INTRODUCTION

La maladie des « racines liégeuses » de la Tomate est particulièrement répandue dans la zone littorale au nord de Beyrouth, où les cultures sont très intensives. L'agent causal, le *Pyrenochaeta lycopersici*, est régulièrement accompagné dans les lésions par quelques autres espèces constituant une mycoflore caractéristique (DAVET,

1969 *a* et *b* et 1970). Le présent travail étudie la localisation des divers éléments de ce complexe parasitaire dans la racine et les modifications que le facteur saisonnier apporte dans leur répartition.

## MÉTHODES

### Échantillonnage

Deux à trois plantes sont prélevées chaque mois au hasard dans plusieurs parcelles de la bande côtière, pendant toute la période de végétation.

Les racines, après lavage à l'eau courante, sont observées à la loupe binoculaire. Trois catégories sont ainsi définies : racines d'aspect sain, racines à écorce liégeuse, racines brunes (sans formation de liège ni sclérotos de *Colletotrichum coccodes*).

### Préparation avant mise en culture

1° Avant l'ensemencement, les racines sont lavées à l'eau courante pendant 45 minutes puis désinfectées superficiellement avec de l'hypochlorite de sodium à 5 p. 100 et rincées à l'eau stérile. Elles sont ensuite débitées en fragments de 3 à 4 mm de long.

2° La méthode précédente a été comparée à celle de HARLEY et WAID (1955 *a*) : 20 lavages successifs dans l'eau stérile par agitation mécanique pendant 1 minute, les erlenmeyers étant changés après 4 lavages.

3° Parallèlement à la mise en incubation directe de tels fragments, d'autres sont obtenus après séparation, sous la loupe binoculaire, du cortex et du cylindre central. Ils sont ensuite traités selon la méthode n° 1.

### Milieu de culture et conditions d'incubation

Le milieu nutritif gélosé à base de pomme de terre (PDA) est additionné, après autoclavage, d'acide citrique (100 mg/l) et de streptomycine (30 mg/l). Les boîtes de Petri sont incubées 4 jours à 24° puis laissées dans les conditions ambiantes. Les relevés sont faits 5 à 8 jours après.

## RÉSULTATS

### Intérêt comparé des techniques de préparation des racines

Une plus grande quantité de thalles et une gamme d'espèces plus étendue apparaissent avec la méthode de HARLEY et WAID (tabl. 1) car elle respecte la flore du rhizoplan alors que la désinfection à l'hypochlorite élimine les champignons qui n'ont pas réussi au moins un début de colonisation des tissus. La comparaison des résultats permet donc de préciser les espèces confinées au rhizoplan. Ce sont :

- les saprophytes, en tête desquels viennent les *Aspergillus* et les *Penicillium*, suivis des *Alternaria* et des *Cladosporium* ;
- les *Fusarium*, et surtout le *F. oxysporum* dont la pénétration à l'intérieur des racines paraît relativement lente, malgré son abondance dans la rhizosphère ;
- le *Rhizoctonia solani* dont on connaît le mode de progression à la surface des racines.

Un parasite aussi important que le *Pyrenochaeta lycopersici* n'est pas mis en

TABLEAU I

Comparaison des techniques de préparation des racines avant leur mise en culture

Les résultats indiqués concernent des racines d'aspect sain et sont exprimés en nombre de thalles produits par 100 fragments de racine

Espèces isolées	Après lavages à l'eau stérile	Après désinfection à l'hypochlorite
<i>Alternaria</i> sp. ....	10,4	0,6
<i>Aspergillus</i> sp. ....	20,8	4,8
<i>Cephalosporium acremonium</i> ...	3,1	7,1
<i>Cladosporium</i> sp. ....	3,6	—
<i>Colletotrichum coccodes</i> ....	4,2	—
<i>Cylindrocarpon</i> sp. ....	—	0,6
<i>Cylindrophora</i> sp. ....	0,5	—
<i>Fusarium oxysporum</i> ....	32,8	1,2
<i>Fusarium roseum</i> ....	5,2	—
<i>Fusarium solani</i> ....	3,6	—
<i>Fusarium</i> sp. ....	1,0	—
<i>Penicillium</i> sp. ....	19,3	0,6
<i>Phoma</i> sp. ....	0,5	—
<i>Pullularia</i> sp. ....	0,5	—
<i>Pyrenochaeta lycopersici</i> ....	—	3,0
<i>Rhizoctonia bataticola</i> ....	3,1	0,6
<i>Rhizoctonia solani</i> ....	6,8	1,8
Mucoracées ....	4,2	2,4
Pythiacées ....	1,6	0,6
Mycéliums stériles hyalins ....	4,7	1,8
Mycéliums stériles sombres ....	0,5	0,6
Indéterminés ....	2,1	—
Total .....	128,5	23,0

TABLEAU 2

Nombre moyen de thalles isolés par unité de longueur de racine mise en culture

(c'est-à-dire par fragment de 3 à 4 mm de long)

Culture de tomates	Racines « saines »			Racines liégeuses			Racines brunes		
	entières	disséquées		entières	disséquées		entières	disséquées	
		écorce	cylindre central		écorce	cylindre central		écorce	cylindre central
Primeur	0,43	0,31	0,14	1,26	2,07	0,72	1,21	1,42	0,85
Arrière-saison	0,43	0,67	0,13	1,12	2,63	0,56	1,23	1,33	0,45

évidence par la méthode des lavages, probablement masqué par les divers saprophytes. La méthode de désinfection superficielle à l'hypochlorite nous paraît donc préférable pour la connaissance des espèces présentes dans les racines.

*Intérêt comparé de l'utilisation de racines avec ou sans séparation du cortex  
et du cylindre central*

Si l'on met en incubation séparément le cortex et le cylindre central d'un fragment de racine, on obtient un bien plus grand nombre de thalles que si l'on utilise un fragment de longueur équivalente non disséqué (tabl. 2). Ce résultat est en accord avec les travaux de TAYLOR et PARKINSON (1965) sur le Haricot.

Le cortex est la zone la plus riche et l'effet de la dissection est particulièrement favorable à la mise en évidence du *P. lycopersici*.

La différence entre les deux techniques est seulement quantitative : les espèces obtenues sont les mêmes, à une exception importante près : le *Verticillium dahliae*. Ce parasite a été isolé dans le cylindre central de toutes les catégories de racines, alors qu'il est très difficile de l'obtenir à partir de racines non disséquées même apparemment saines, et donc presque exemptes d'antagonistes.

*Distribution des espèces en fonction des catégories de racines*

Une représentation quantitative en est donnée par la figure 1.

*Racines d'aspect sain.*

Elles contiennent peu de thalles.

— cortex : le *P. lycopersici* et dans certains échantillons le *C. coccodes* représentent une grande part des espèces recensées. Puis viennent le *Cephalosporium acremonium*, un peu de *Rhizoctonia* et de *Fusarium*, et quelques *Aspergillus* et *Penicillium*.

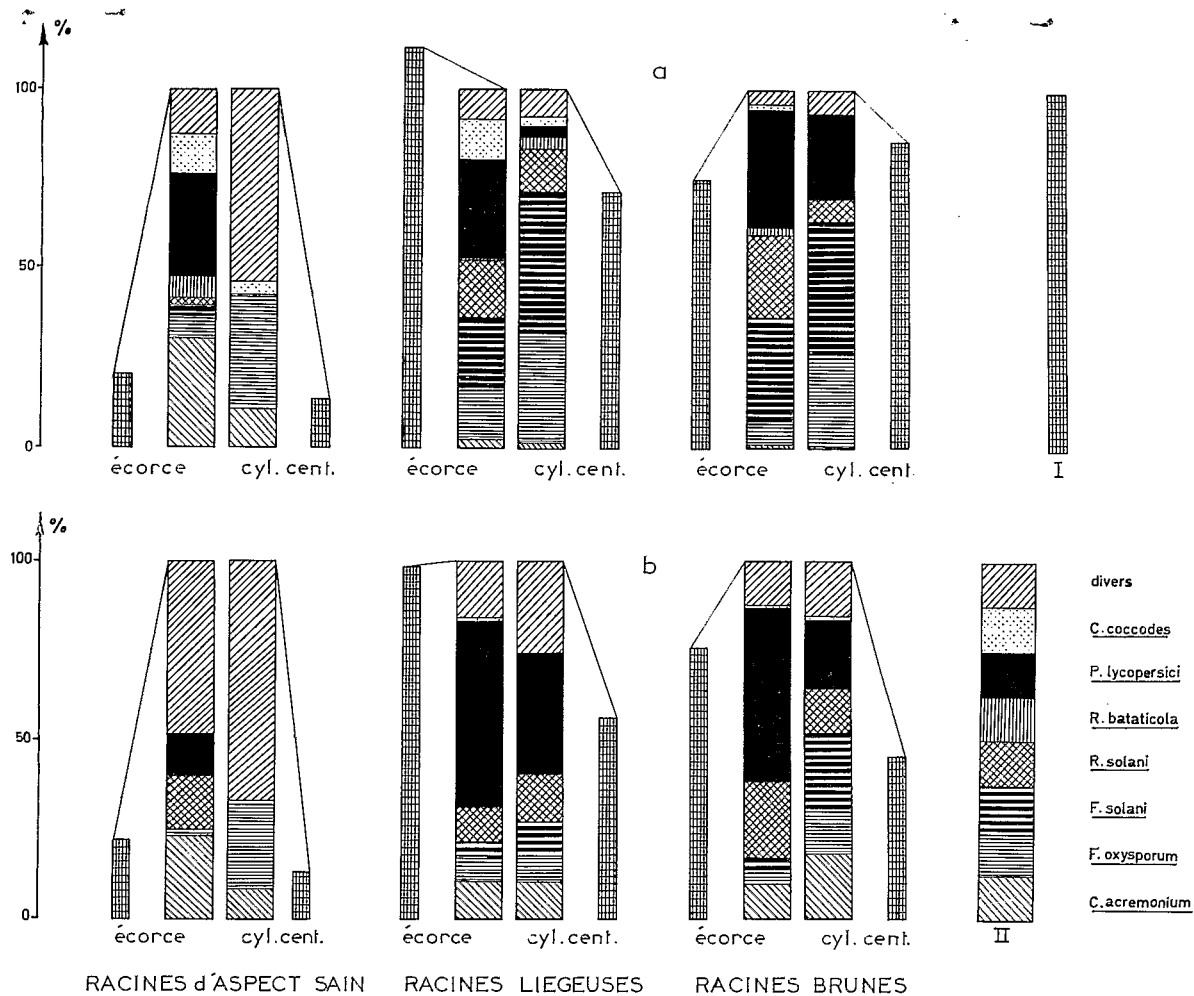
— cylindre central : on y trouve essentiellement des parasites vasculaires : *F. oxysporum*, *C. acremonium*, *V. dahliae* (en proportions trop faibles pour être représentées graphiquement). Le *C. coccodes* apparaît occasionnellement : il semble donc pouvoir traverser rapidement les tissus corticaux. Quelques saprophytes (notamment *Aspergillus* et *Penicillium*) sont vraisemblablement localisés au niveau des blessures provoquées par l'émission des racines secondaires.

*Racines à écorce liégeuse.*

Le *P. lycopersici* est l'espèce la plus fréquente dans l'écorce, mais on en trouve aussi dans le cylindre central. Le *R. solani* peut atteindre le cylindre central, alors que le *R. bataticola* n'y figure qu'exceptionnellement. On note l'apparition du *F. solani* dans l'écorce et surtout dans le cylindre central. Le *V. dahliae*, toujours rare, reste limité au système vasculaire.

*Racines brunes.*

La composition de leur mycoflore est à peu près la même que celle des racines à écorce liégeuse, mais le *P. lycopersici* est un peu plus régulièrement isolé du cylindre central.



RACINES d'ASPECT SAIN    RACINES LIÉGEUSES    RACINES BRUNES

FIG. 1. — Composition de la mycoflore

des diverses catégories de racines prélevées dans les cultures de primeur (fig. 1 a) et d'arrière-saison (fig. 1 b)

A chaque catégorie correspondent deux diagrammes : le plus étroit (I) représente la quantité de thalles isolés pour 100 fragments mis en culture ; le graphique le plus large (II) indique la répartition en pourcentage des principales espèces obtenues dans ces isolements.

Dans des racines portant des sclérotés de *C. coccodes* étudiées en comparaison, l'écorce est presque entièrement envahie par ce parasite que l'on trouve aussi, mais en moindre proportion, dans le cylindre central où dominent encore les *Fusarium*.

### Rôle du facteur saisonnier

La comparaison des histogrammes (fig. 1 a et b) montre que la somme des thalles isolés dans chaque catégorie de racines ne varie pas beaucoup d'une saison à l'autre. Mais la répartition des espèces est différente. Ainsi les *Fusarium*, et notamment le *F. solani*, sont plus abondants dans les cultures de primeur que dans celles d'arrière-saison. Le *R. bataticola* est à peu près absent en automne tandis que le *C. acremonium* est rare au printemps.

Quant au *P. lycopersici*, il représente 3 p. 100 des thalles isolés dans le cylindre central des racines liégeuses au printemps, contre 34 p. 100 en automne. L'efficacité des barrières subérogées que l'hôte oppose à la progression du parasite, ou l'aptitude de ce dernier à les surmonter, ne semble donc pas être la même.

### Relation entre les variations de la température et l'évolution de la mycoflore

En 1971-1972, la température moyenne du sol a crû régulièrement de 17° à 32° du début à la fin des cultures de primeur, et a décréu de 31° à 11° pendant les cultures d'arrière-saison (fig. 2).

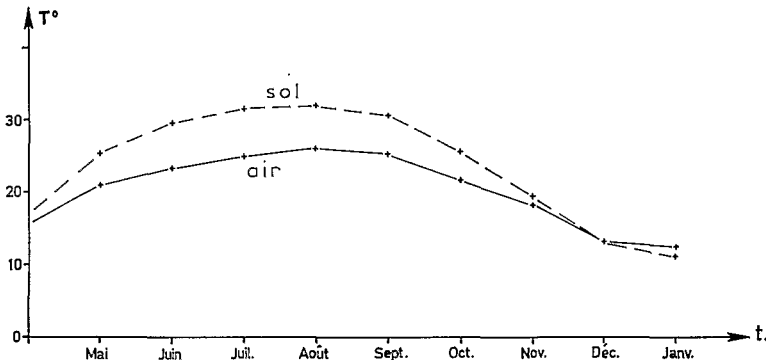
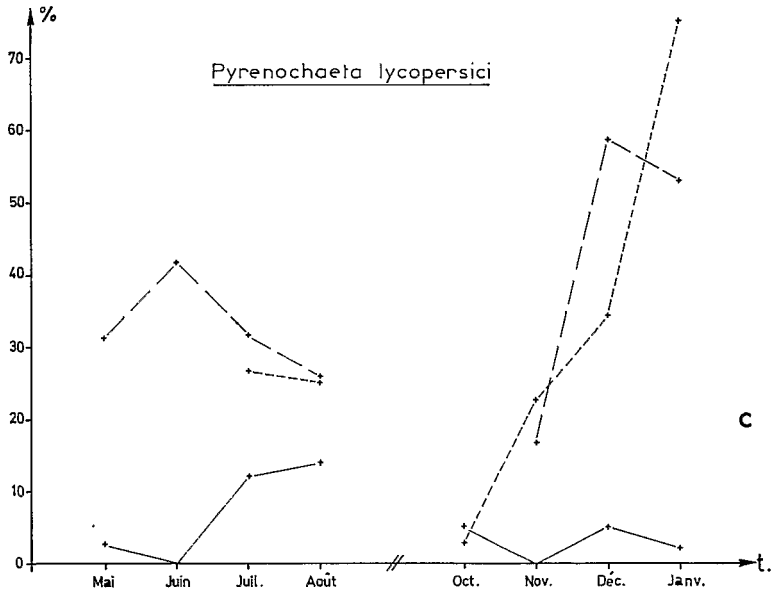
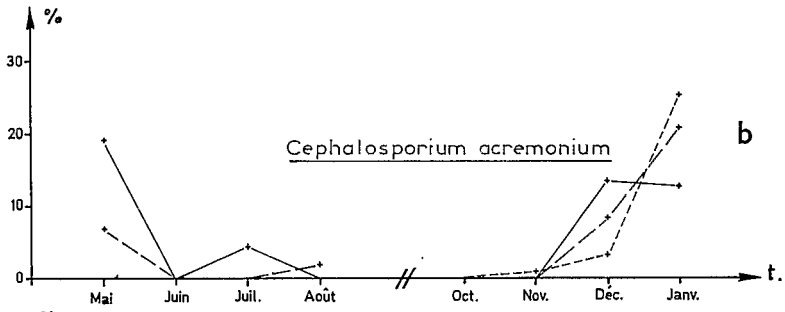
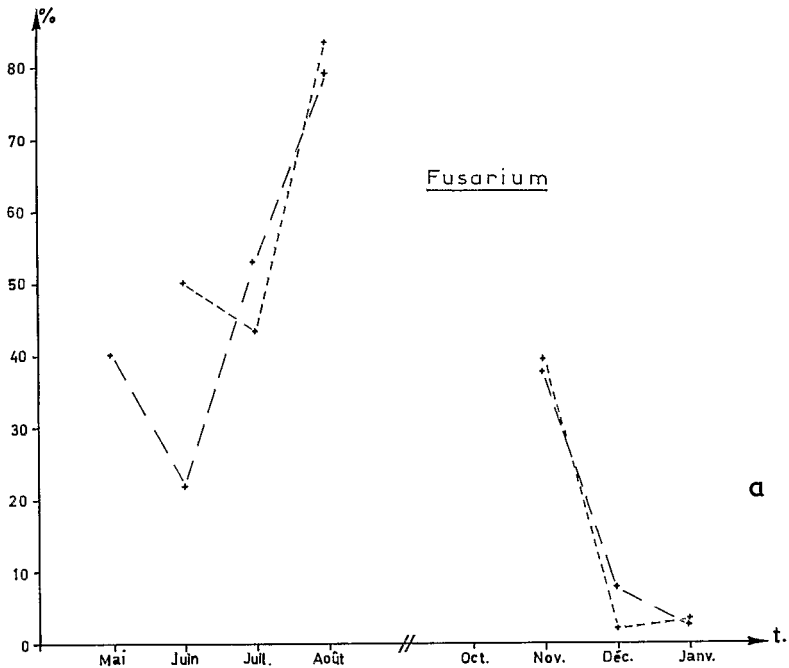


FIG. 2. — Températures moyennes correspondant à la période pendant laquelle ont été faits les prélèvements : dans l'air d'une part, dans le sol à 20 cm de profondeur d'autre part (D'après les relevés de la station météorologique de Beyrouth-Khaldé)

FIG. 3. — Évolution en fonction du temps des nombres de thalles de *Fusarium* isolés dans le cylindre central, et de *Cephalosporium acremonium* et *Pyrenochaeta lycopersici* isolés dans l'écorce, exprimés en pourcentage du nombre de fragments mis en culture

en traits pleins : racines d'aspect sain  
 en grands tirets : racines liégeuses  
 en petits tirets : racines brunes



Les recensements mensuels des thalles de certains champignons comme les *Fusarium* (fig. 3 a) et le *R. solani* ont progressé de la même façon que la température au printemps et ont diminué comme elle en automne.

Au contraire, pour le *C. acremonium*, la corrélation, si elle existe, est inverse (fig. 3 b).

Chez un parasite comme le *P. lycopersici*, la progression dans les lésions, rapide en automne, paraît nettement freinée en été (fig. 3 c). C'est d'ailleurs en juillet et en août qu'on l'isole en plus grande quantité dans les racines apparemment saines, ce qui pourrait indiquer qu'en été un certain nombre de points d'infection, évoluant très lentement, passent inaperçus. Ajoutons que les formations subérisées, considérées comme une réaction de tolérance de la plante (LAST, EBBEN et READ, 1966 ; BESRI, 1970) apparaissent 5 à 6 semaines plus tôt au printemps qu'en automne.

## DISCUSSION

La synthèse des résultats obtenus selon les techniques énoncées plus haut conduit à proposer un modèle de « racine d'aspect sain » (fig. 4) et un modèle de « racine malade » (fig. 5) valables au moins dans notre zone de prospection.

### *Racine d'aspect sain*

L'inexistence de symptômes maladifs est beaucoup plus souvent due au manque de manifestation pathogène, pour diverses raisons, des champignons présents dans la racine qu'à l'absence de toute colonisation parasitaire. Cette catégorie de racine est caractérisée par la très nette indépendance du cylindre central et de la zone corticale, la flore de chaque partie étant, lorsqu'elle existe, tout à fait distincte. Le *F. oxysporum* en particulier reste limité au système vasculaire. Il ne semble pas capable de s'installer rapidement à l'intérieur de l'écorce, bien qu'il soit très abondant à sa surface.

### *Racine malade*

La distinction entre les deux régions anatomiques de la racine s'estompe dans les organes malades, la barrière endodermique étant rompue. Le *P. lycopersici* paraît ouvrir la voie au *F. solani* et à d'autres types de *F. oxysporum*, n'entraînant pas de trachéomycose en inoculation expérimentale, qui envahissent l'écorce et s'ajoutent aux formes vasculaires. Le *R. solani*, présent très tôt dans le rhizoplan et dans les tissus superficiels de la racine, pénètre jusque dans le cylindre central. On l'isole alors presque toujours en compagnie d'un autre champignon : *F. oxysporum*, *F. solani* ou *P. lycopersici*. On sait que l'association du *R. solani* avec le *F. solani* peut avoir des effets synergiques (ELAROSI, 1957). DUNN et HUGHES (1964) ont envisagé la possibilité d'une telle relation entre le *R. solani* et le *C. coccodes*.

La répartition des champignons dans les racines brunes et dans les racines à écorce liégeuse est à peu près la même. Le *P. lycopersici* semble pénétrer plus profondément dans les premières.

Quels sont les facteurs extérieurs qui peuvent modifier ces schémas d'une saison à l'autre ? Les chutes de pluie (assez abondantes en automne, rares au prin-



temps) sont largement compensées par les irrigations et ne peuvent être prises en considération. On ne peut exclure un effet de l'éclairement, déjà signalé par HARLEY et WAID (1955 b) : les jours augmentent pendant les cultures de printemps tandis

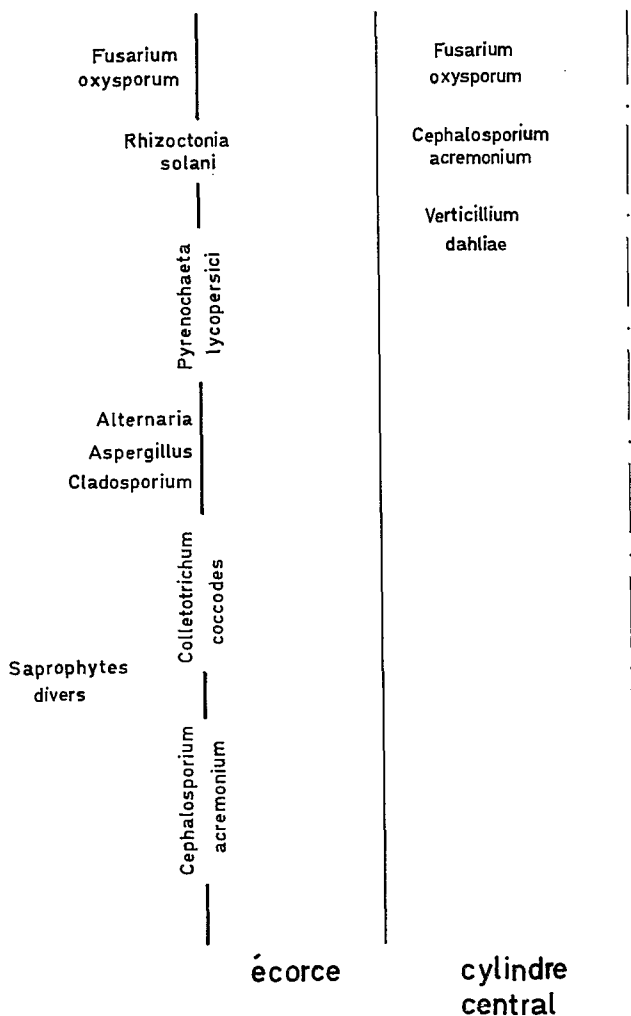


FIG. 4. — Représentation théorique simplifiée d'une racine sans symptômes maladiés apparents et de la mycoflore qui lui est associée

La position des champignons sur le schéma symbolise leur niveau d'établissement dans la racine

qu'ils diminuent pendant les cultures d'arrière-saison. Cependant, à l'automne, le raccourcissement de la photopériode et le vieillissement des plantes, facteurs défavorables à l'hôte, n'empêchent pas les *Fusarium* et le *R. solani* de devenir de plus en plus rares. Ce fait semble bien lié au refroidissement progressif du sol. La température nous semble donc jouer un rôle important, à la fois direct, dans les équilibres qui s'établissent entre les diverses espèces du complexe parasitaire, et indirect, par l'intermédiaire de la physiologie de l'hôte.

Cependant, malgré le développement relativement plus lent du *P. lycopersici* dans les racines des tomates de printemps, on observe en fin de culture une forte dégradation des organes souterrains, à peu près équivalente à celle que l'on note à

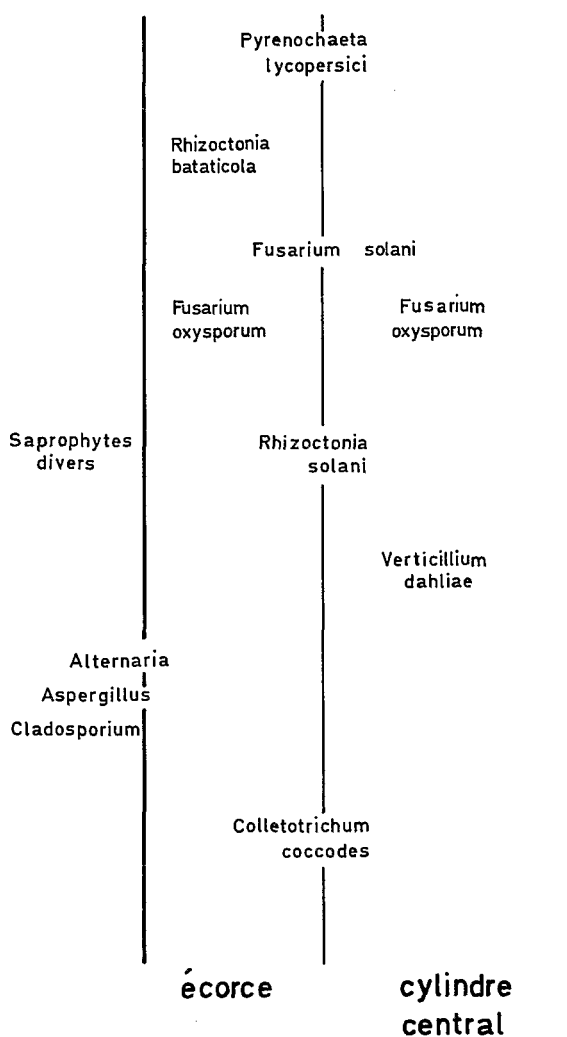


FIG. 5. — Représentation théorique simplifiée d'une racine atteinte de la maladie des racines liégeuses et de la mycoflore qui lui est associée. La position des champignons sur le schéma symbolise leur niveau d'établissement dans la racine.

l'issue des cultures d'automne. Nous pensons que ce phénomène peut s'expliquer par l'action des envahisseurs secondaires : *R. solani*, *F. solani* et *F. oxysporum* qui, stimulés par l'augmentation de la température, prennent en quelque sorte le relais du *P. lycopersici*.

Reçu pour publication en octobre 1972.

## REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier M. G. SARDY pour l'aide qu'il nous a apportée, notamment dans la préparation des graphiques, et le Service météorologique de Hoche el Omara qui nous a fourni les renseignements climatologiques.

## SUMMARY

DISTRIBUTION AND EVOLUTION OF THE TOMATO ROOTS PARASITIC ASSOCIATION  
IN A LEBANON DISTRICT WHERE  
PYRENOCHAETA LYCOPERSICI GERLACH AND SCHNEIDER IS PREVALENT

The separation of the cortex from the stele before plating roots increases the number of fungal colonies in respect to that might be obtained from equivalent entire root fragments. The mycoflora isolated from the cortical zone of apparently healthy roots is quite distinct from the mycoflora of the central cylinder, where vascular parasites are predominant. In corky roots the fungal populations in these two anatomical parts of the root are not so different. *Fusarium oxysporum* is very rare in apparently healthy roots (except in the vascular system) and *F. solani* is not represented. Both these species are abundant in diseased roots, together with *Pyrenochaeta lycopersici*. The relative numbers of the fungi most frequently isolated from roots vary as the season progresses. But the data concerning spring crops are not the same as the data obtained with autumn cultures. Soil temperature seems to be the external factor most directly related to these differences. Some species, such as *Rhizoctonia solani* and *Fusaria*, are more abundant when the soil is warm. Others, such as *P. lycopersici* and *Cephalosporium acremonium*, are more frequent when the temperature is low.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BESRI M., 1970. *Recherches concernant l'écologie, la morphologie et la physiologie de l'agent du « Corky Root »*. Thèse, Fac. Sci. Nancy.
- DAVET P., 1969 a. Observations sur la mycoflore des racines de quelques plantes maraîchères du Liban. *Rev. Mycol.*, **34**, 62-78.
- DAVET P., 1969 b. Quelques agents de nécrose des racines de tomate au Liban. *Ann. Phytopathol.*, **1**, n° hors-série, 127-131.
- DAVET P., 1970. La pourriture brune des racines de tomate au Liban. *Cah. O. R. S. T. O. M., sér. Biol.*, **12**, 65-82.
- DUNN E., HUGHES W. A., 1964. Inter-relationship of the potato root eelworm, *Heterodera rostochiensis* WOLL., *Rhizoctonia solani* KÜHN and *Colletotrichum atramentarium* (B. and BR.) TAUB. on the growth of the tomato plant. *Nature, Lond.*, **201**, 413.
- 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**, 555-567.
- HARLEY J. L., WAID J. S., 1955 a. A method of studying active mycelia on living roots and other surfaces in the soil. *Trans. br. mycol. Soc.*, **38**, 104-118.
- HARLEY J. L., WAID J. S., 1955 b. The effect of light upon the roots of beech and its surface population. *Plant and Soil*, **7**, 96-112.
- LAST F. T., EBBEN M. H., READ W. H., 1966. Features of tomato brown root rot and its control. *Sci. Hortic.*, **18**, 36-49.
- TAYLOR G. S., PARKINSON D., 1965. Studies on fungi in the root region. IV. Fungi associated with the roots of *Phaseolus vulgaris* L. *Plant and Soil*, **22**, 1-20.

DISTRIBUTION ET ÉVOLUTION  
DU COMPLEXE PARASITAIRE DES RACINES DE TOMATE  
DANS UNE RÉGION DU LIBAN OU PRÉDOMINE  
LE *PYRENOCHAETA LYCOPERSICI*  
GERLACH ET SCHNEIDER

P. DAVET

avec la collaboration technique de N. ABOU HADIR

*Mission O. R. S. T. O. M. au Liban,  
Institut libanais de Recherche agronomique,  
Jdeïdeh el Metn, Fanar (Liban)*

*Annales de Phytopathologie*  
INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE  
149, rue de Grenelle, 75007 Paris

26 NOV. 1973  
O. R. S. T. O. M.  
Collection de Référence  
n° 6471