

Cah. ORSTOM, Sér. Biol., n° 12 - juin 1970.

## LA POURRITURE BRUNE DES RACINES DE TOMATE AU LIBAN

PAR

P. DAVET\*

### RÉSUMÉ

*L'étude de l'épidémiologie de la pourriture brune des racines de la tomate dans les principales régions maraichères du Liban montre que plusieurs champignons sont régulièrement associés aux trois symptômes (lésions brunes, subérification et points noirs) de la maladie : le *Pyrenochaeta lycopersici*, le *Colletotrichum coccodes*, le *Rhizoctonia solani*, le *Fusarium solani*, le *F. oxysporum* et le *R. bataticola*. Il semble qu'on puisse distinguer dans ce complexe deux parasites principaux : le *P. lycopersici* et le *C. coccodes*, provoquant deux maladies superposées. Chacun d'eux évolue de façon tout à fait indépendante de l'autre. Les autres espèces peuvent avoir par elles-mêmes un développement limité sur les racines, mais seules elles n'aboutissent pas à une pourriture. Dans les lésions de la pourriture brune, elles suivent assez rapidement les deux parasites primaires. Le cortège du *P. lycopersici* est plus abondant que celui du *C. coccodes*, la première espèce ayant probablement une compétitivité plus faible.*

### SUMMARY

*A study of the epidemiology of tomato brown root rot in the main market garden areas of Lebanon showed that the following fungi were regularly associated with the three symptoms of brown lesions, suberization and black dots that distinguish the disease : *Pyrenochaeta lycopersici*, *Colletotrichum coccodes*, *Rhizoctonia solani*, *Fusarium solani*, *F. oxysporum* and *R. bataticola*. *P. lycopersici* and *C. coccodes* appeared to play the principal role in the parasitic complex provoking two diseases, one imposed upon the other, but each developing quite independently of the other. The other species might show a limited development on the roots through their own efforts but they did not produce a rot. In the lesions of brown rot these species follow rapidly in the wake of the two main parasites. The fungi accompanying *P. lycopersici* were more abundant than those of *C. coccodes*, the former species probably having a weaker competitive ability.*

---

\* Maître de Recherches O.R.S.T.O.M. Actuellement détaché auprès de l'Institut libanais de Recherches agronomiques, Jdeïdeh el Metn-Fanar (Liban).

La tomate occupe, au Liban, une partie importante des surfaces consacrées aux cultures maraîchères. Cependant, malgré des conditions de milieu favorables, on observe fréquemment un manque de vigueur en cours de culture, et en fin de saison, la fanaison précoce de plusieurs plantes par parcelle. Dans certains cas, il est possible d'attribuer ces dépérissements à une maladie vasculaire : fusariose ou, plus rarement, verticilliose. Parfois aussi, la présence de grandes quantités d'orobanches entraîne un affaiblissement spectaculaire des sujets parasités. Mais, le plus souvent, l'observation des racines révèle des désordres d'origine cryptogamique, dont le plus fréquent est un brunissement des racines, généralement suivi de pourriture.

Une affection de ce genre est connue depuis longtemps des auteurs anglo-saxons. Observée dès 1929 par WILLIAMS en Angleterre, elle semble présente dans la plupart des pays d'Europe : aux Pays-Bas (NOORDAM, TERMOHLEN et THUNG, 1957), en France (MESSIAEN et LAFON, 1963), en Italie (CICCARONE, 1956). Elle existe également au Canada (RICHARDSON et BERKELEY, 1944), mais ne semblait pas avoir encore été rencontrée dans des pays de climat tempéré chaud comme celui du Liban. Il nous a paru d'autant plus utile d'y consacrer quelques observations que presque tous les travaux publiés à ce sujet concernent des cultures de serre.

Les échantillons examinés proviennent des quatre grandes zones de production que nous avons définies précédemment (DAVET, 1968) : Côte Nord, Côte Sud, Bégaa et 'Akkar.

Une affection analogue s'observe sur l'Aubergine.

## ÉPIDÉMIOLOGIE

Les symptômes que nous avons rencontrés sur les racines sont semblables à ceux du « brown root rot » observés par EBBEN et WILLIAMS (1956) et classés en trois catégories par LAST et EBBEN (1966) : 1<sup>o</sup> « brown lesions » (lésions brunes) ; 2<sup>o</sup> « corkiness » (subérification) ; 3<sup>o</sup> « black dot » (points noirs).

### Lésions brunes.

La maladie débute toujours par de petites lésions brunes sur les racines secondaires ou sur les grosses racines, y compris la racine principale. Elles apparaissent indifféremment le long des racines ou à leur extrémité. Elles ceinturent rapidement la racine, constituant une sorte de manchon brun (fig. 1, a) qui tranche nettement sur la couleur blanche normale du reste de l'organe, puis s'étendent en longueur. Ces lésions brunes peuvent apparaître très tôt, et se développent jusqu'à la fin de la culture. Les plus petites racines deviennent finalement entièrement brunes et se ramollissent (fig. 1, b). Sur les grosses et les moyennes, ces lésions peuvent être ensuite masquées par d'autres symptômes.

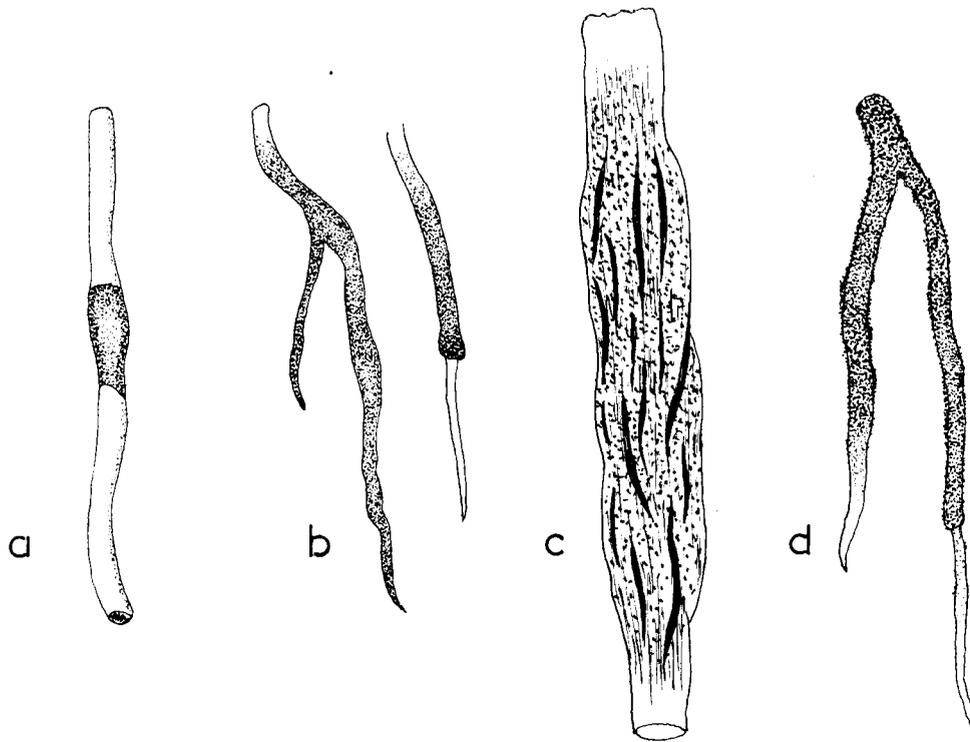


FIG. 1. — Divers symptômes de pourriture brune des racines :

- a) Lésions brunes ; cas n° 1 : manchon brun.
- b) Lésions brunes ; cas n° 2 : petites racines brunes et molles.
- c) Subérification.
- d) Points noirs.

### Subérification.

Ce symptôme, qui n'est pas absolument constant et qui est tardif, consiste en la subérification de l'écorce des racines. Sur les petites racines, on observe simplement un fendillement, après un dessèchement superficiel. Les racines deviennent grisâtres. Sur les plus grosses, l'écorce s'épaissit par endroits et se crevasse longitudinalement, prenant un aspect rugueux, quelque peu boursoufflé, caractéristique, que les Anglo-Saxons désignent du nom de « corky-root » (fig. 1, c). Ces zones liégeuses sont généralement éloignées de la base des racines.

### Points noirs.

De nombreux sclérotés noirs, visibles à l'œil nu, apparaissent aussi bien à la base des grosses racines et sur la racine principale que sur les petites racines (fig. 1, d). Ils se forment généralement dans les tissus corticaux qui brunissent et peuvent pourrir rapidement : le cylindre central est ainsi mis à nu et sa couleur blanche donne l'impression,

à une observation superficielle, que la racine est saine. Il peut se former aussi parfois des sclérotés sur le cylindre central. Plus rarement, on en observe sur les épaisissements liégeux.

Nous n'avons que très rarement observé des lésions sur la base des tiges comme en signalent EBBEN et WILLIAMS (1956).

Le terme de « pourriture brune des racines » (traduit de l'anglais « brown root rot ») peut convenir pour désigner l'ensemble des symptômes.

Lorsque l'attaque est forte et précoce, elle peut se traduire par une réduction de la taille des plantes ; les feuilles sont très petites et recroquevillées, le port affaissé. Ce cas extrême est toutefois assez rare. Le plus souvent, la maladie se manifeste en cours de culture, et se traduit par une coulure parfois importante et, plus tard, par un jaunissement des feuilles inférieures et par un dessèchement prématuré, partiel ou total des sujets. Les plantes réagissent fréquemment par l'émission de nombreuses racines adventives.

Les lésions brunes, premier signe de la maladie, peuvent apparaître très tôt, et la proportion de racines atteintes peut être très vite élevée : jusqu'à 72,4 % (en poids) sur un échantillon prélevé deux semaines après le repiquage. Cependant, dans des conditions de culture favorables, les tomates sont capables de supporter de larges amputations de leur système racinaire sans présenter de signes de flétrissement, de sorte que de fortes attaques peuvent passer inaperçues. Les baisses de rendement constatées sont presque toujours attribuées par les agriculteurs à d'autres causes qu'à la dégradation des racines, car on ne peut observer ce phénomène qu'après avoir arraché les plantes et lavé leurs racines.

En fait, l'importance de la maladie n'est pas traduite seulement par la proportion de racines atteintes. Elle dépend aussi de la quantité totale de racines dont la plante dispose. C'est ce que montrent les pesées de deux échantillons prélevés en fin de culture, l'un en été, l'autre en hiver :

#### 1. Côte Nord (Nahr el Kelb), juillet :

	% de racines malades	Poids moyens des racines (après séchage à l'air)
Plantes dépérissantes	89,9	1,4 g
Plantes d'aspect sain	37,7	5,3 g

#### 2. Côte Nord (Tabarja), janvier :

	% de racines malades	Poids moyen des racines (après séchage à l'air)
Plantes dépérissantes	77,5	0,9 g
Plantes d'aspect sain	58,6	2,5 g

Les plantes qui sont restées vertes ne sont pas saines, mais elles ont une plus faible proportion de racines atteintes, et surtout une plus grande quantité totale de racines. C'est souvent par l'émission de racines adventives que les plantes parviennent à surmonter l'attaque. Ces racines, proches de la surface du sol, restent généralement saines :

la pourriture brune semble en effet moins importante dans les premiers centimètres du sol. Nous n'en avons qu'exceptionnellement observé au niveau du collet.

La proportion de racines malades peut varier au cours de la culture en fonction des conditions climatiques. Bien qu'on rencontre la maladie en toutes saisons, elle semble dans la plupart des cas avoir des conséquences moins graves pendant les périodes chaudes, soit parce que les parasites sont moins virulents, soit parce que la tomate réagit mieux et forme plus rapidement de nouvelles racines. Ainsi, les tomates de primeur, après avoir subi une crise assez sérieuse au début de la culture, en mars-avril (mois frais), arrivent en général à la surmonter. Les cultures d'arrière-saison sont davantage touchées parce que la température s'abaisse continuellement de la plantation à la fin de la récolte.

L'importance de la pourriture brune des racines est très inégale selon les régions : elle est directement liée au degré d'exploitation du sol. LAST et EBBEN (1963) ont fait une constatation analogue en Angleterre, où la pourriture brune est présente dans toutes les serres où les tomates sont cultivées intensivement, alors que les cultures de plein champ sont pratiquement saines. Ceci laisse supposer qu'une grande quantité d'inoculum doit s'accumuler avant que la maladie provoque de gros dégâts.

Elle est très répandue et grave sur la Côte Nord, où deux cultures de tomates sont pratiquées successivement dans l'année, parfois sur les mêmes parcelles. Elle est grave également sur la Côte Sud, où l'exploitation du sol est aussi intensive, bien que la terre reste en repos pendant l'hiver. Dans la Bégaa, elle reste limitée au voisinage des agglomérations (Hoche el Omara, Qab Elias), alors que les champs de grande culture en sont à peu près indemnes. Enfin, dans le 'Akkar, où la culture reste assez extensive, seul se manifeste, occasionnellement, le faciès de pourriture des racines avec apparition de sclérotés. Notons que le 'Akkar, bien qu'il se trouve sur les mêmes lignes isothermiques que le reste de la côte, se comporte vis-à-vis des parasites cryptogamiques comme une région chaude : c'est le seul endroit où l'on rencontre en abondance le *Corticium rolfsii* et le *Rhizoctonia bataticola*, qui sont tous deux des champignons d'habitat tropical plutôt que tempéré.

Le mode de culture intervient aussi : la Côte Nord, où la maladie est la plus grave, est la seule région où les tomates sont taillées et tuteurées. Partout ailleurs, elles courent sur le sol et la formation de racines adventives est de ce fait beaucoup plus importante.

## ÉTIOLOGIE

Bien que le *Pyrenochaeta lycopersici* soit reconnu par tous les auteurs comme le responsable principal de la pourriture brune des racines, la question n'est pas nettement résolue de savoir s'il agit seul ou comme élément d'un complexe parasitaire. TERMOHLEN (1962), puis GARIBALDI et MATTA (1965), l'étudient à l'exclusion de toute autre espèce. LAST et EBBEN (1966) le trouvent constamment associé au *Colletotrichum coccodes*, mais montrent qu'en Angleterre le rôle du *C. coccodes* est très secondaire. MESSIAEN et LAFON (1963) isolent régulièrement dans les racines malades, outre les deux champignons précédents, le *Rhizoctonia solani* et le *Fusarium solani*. Ils considèrent aussi que le parasite principal est le *P. lycopersici*.

Nous-même avons trouvé que les espèces suivantes revenaient le plus fréquemment sur les racines des plantes malades : *P. lycopersici*, *C. coccodes*, *R. bataticola*, *R. solani*, et des *Fusarium* parmi lesquels les plus fréquents sont le *F. oxysporum*, le *F. solani*, dans une moindre mesure, le *F. moniliforme*.

Plusieurs séries d'observations nous permettront de formuler quelques hypothèses sur le rôle de ces divers champignons.

### Comparaison de plantes sans symptômes de pourriture brune et avec symptômes

Nous avons séparé nos échantillons de tomates en deux lots : le premier (groupe 1) comprend des plantes dont les racines présentent des lésions brunes atypiques ou des pourritures sèches, mais aucun des symptômes de la pourriture brune ; le second (groupe 2) comprend des plantes dont les racines présentent au moins un des trois symptômes de la pourriture brune : lésions brunes, subérification ou points noirs. Des isolements ont été pratiqués sur les racines de chaque groupe de plantes selon la méthode indiquée précédemment (DAVET, 1968).

Nous constatons (tableau I) que nous obtenons assez peu de colonies dans le groupe 1 (plantes sans pourriture brune) : la moitié ou plus des fragments de racines mis en culture reste stérile. Ceci permet de supposer qu'une partie au moins des lésions observées sur les racines de ces plantes est due à d'autres causes qu'à une attaque de champignons : blessures dues à des insectes ou à de petits cailloux, asphyxie en sol mal drainé, déséquilibre du rapport N/K (ANSTETT, 1968), etc.

TABLEAU I  
Quantité totale de colonies obtenues dans les isolements effectués à partir de racines de plantes sans symptômes (1) ou avec symptômes de pourriture brune (2)

	Région					
	Côte Nord (arrière-saison)		Côte Sud		Béqaa	
	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)
Nombre d'essais d'isolements	797	1 699	228	795	1 653	1 409
Nombre de colonies obtenues	235	1 105	128	732	884	913
Pourcentage de colonies obtenues	29,5	65,0	56,1	92,1	53,5	64,8

Au contraire, dans le groupe 2, le nombre de colonies obtenues est très élevé : de 65 à 96 %. Cette différence a pour explication, d'une part l'apparition d'espèces qui ne figuraient pas, ou très peu, dans le groupe 1 ; d'autre part, l'accroissement du nombre d'isolements de certaines espèces déjà présentes dans le premier groupe.

Parmi les espèces mal représentées dans le groupe 1 et présentes dans le groupe 2 figurent le *P. lycopersici* (très rare dans le groupe 1) et le *C. coccodes* (rare dans le groupe 1). On pourrait aussi mentionner le *Trichoderma viride*, mais ce champignon ne représente au plus que 1,8 % des isolements.

Les espèces du groupe 1 dont les colonies sont plus abondantes dans le groupe 2 comprennent les *Fusarium* et le *R. solani* ; on peut y ajouter les *Aspergillus*, dont la représentation reste cependant faible.

Le *R. bataticola* est fourni dans les deux groupes par une proportion assez constante, et peu élevée, de fragments de racines.

Nous pouvons considérer la répartition des champignons non plus dans les boîtes de Pétri, mais sur leurs hôtes, en évaluant quelle proportion de plantes héberge chacune des espèces. Il suffit pour cela de calculer, dans chaque groupe, le pourcentage de plantes dont les racines ont fourni au moins un thalle des champignons étudiés (tableau II).

TABLEAU II

Pourcentage de plantes dont les racines ont fourni, après mise en culture, au moins un thalle des champignons mentionnés.  
Isolements effectués à partir de racines de plantes sans symptômes (1)  
ou avec symptômes de pourriture brune (2)

Espèces	Région					
	Côte Nord (arrière-saison)		Côte Sud		Béqaa	
	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)
<i>Pyrenochaeta lycopersici</i>	3,1	60,3	0,0	75,0	3,6	42,5
<i>Colletotrichum coccodes</i>	0,0	31,0	14,3	37,5	16,1	47,5
<i>Rhizoctonia bataticola</i>	12,5	25,9	42,9	81,3	19,6	30,0
<i>Rhizoctonia solani</i>	50,0	56,9	42,9	56,3	21,4	45,0
<i>Fusarium sp.</i>	71,9	87,9	85,7	100,0	82,1	92,5
	(90 plantes)		(23 plantes)		(96 plantes)	

Nous constatons l'absence quasi totale du *P. lycopersici* sur les plantes dont les racines ne présentent pas de symptômes de pourriture brune, alors qu'on peut l'isoler sur la plupart des tomates atteintes de cette maladie, ce qui montre bien une liaison étroite entre ce champignon et la maladie.

D'un autre côté, une très forte proportion de plantes héberge le *R. solani* et des *Fusarium*, qu'elles soient ou non atteintes de pourriture brune. Il s'agit de champignons du sol très communs, que nous avons pu isoler aussi en grande quantité dans des régions où il n'y a pas de pourriture brune, dans des parcelles que nous avons régulièrement suivies.

Le *C. coccodes* et le *R. bataticola* ont une position intermédiaire : certaines plantes, qui ne présentent pas de symptômes de pourriture brune, en hébergent ; mais le pourcentage de plantes-hôtes est deux fois plus élevé parmi les sujets du groupe 2.

Nous pouvons résumer ainsi l'ensemble de ces observations :

- il n'y a généralement pas de pourriture brune sans *P. lycopersici* ;
- il n'y a pas de *P. lycopersici* sans pourriture brune ;
- on trouve autant d'hôtes du *R. solani* et des *Fusarium sp.* dans le groupe 1 que dans le groupe 2 ;
- mais les racines du groupe 2 (pourriture brune) fournissent davantage de *R. solani* et de *Fusarium spp.* que celles du groupe 1 ;
- on trouve davantage de *C. coccodes* sur davantage d'hôtes dans le groupe 2 que dans le groupe 1 ;
- le *R. bataticola* a davantage d'hôtes dans le groupe 2, mais n'apparaît jamais qu'en petites quantités.

#### Espèces isolées dans les différents types de lésions.

Nous avons découpé les racines des plantes atteintes de pourriture brune, et nous avons classé les morceaux en plusieurs groupes, correspondant à chacun des symptômes caractéristiques décrits plus haut. Les résultats des isolements pratiqués dans chacun de ces groupes sont indiqués aux tableaux III à VII.

TABLEAU III

Nombre de colonies isolées de chaque échantillon au symptôme « lésions brunes »  
(cas n° 1 : manchons bruns)

Origine	Mois	<i>Pyrenochaeta lycopersici</i>	<i>Colletotrichum coccodes</i>	<i>Fusarium sp.</i>	<i>Rhizoctonia solani</i>	<i>Rhizoctonia bataticola</i>	Divers
Côte Nord	mars	2		3	4		2
Côte Sud	mars	25		11			3
Côte Sud	mars	5		8			10
Côte Nord	juin	1		3	1		
Côte Nord	juillet	1	2	3	1		6
Côte Nord	août	6		4	6	2	2
Béqaa	août	4		1	1		1
Béqaa	septembre	10		3	4		9
Béqaa	septembre	26	7	3		1	3
Côte Nord	novembre	18		2			2
Côte Nord	novembre	6		1			1
Total		104	9	42	17	3	39

TABLEAU IV

Nombre de colonies isolées de chaque échantillon au symptôme « lésions brunes »  
(cas n° 2 : petites racines brunes et molles)

Origine	Mois	<i>Pyrenochaeta lycopersici</i>	<i>Colletotrichum coccodes</i>	<i>Fusarium sp.</i>	<i>Rhizoctonia solani</i>	<i>Rhizoctonia bataticola</i>	Divers
Côte Sud	mars	18		13			7
Côte Sud	mars		12	2			4
Côte Sud	mars	28		8	1		1
Côte Nord	juin	9		15	1		4
Côte Nord	juin	1		10			2
Côte Nord	juillet			5	9		1
Côte Nord	juillet	1		13	2	2	2
Côte Nord	juillet	4	1	6	10		
Côte Nord	juillet	2		2	3		
Côte Nord	août		5	21	6		3
Côte Nord	novembre	1		2	1		
Côte Nord	novembre	28		8	1		1
Côte Nord	novembre			1	2		2
Total		76	18	98	38	2	31

TABLEAU V

Nombre de colonies isolées de chaque échantillon au symptôme « subérification »  
(à la limite des zones malades)

Origine	Mois	<i>Pyrenochaeta lycopersici</i>	<i>Colletotrichum coccodes</i>	<i>Fusarium sp.</i>	<i>Rhizoctonia solani</i>	<i>Rhizoctonia bataticola</i>	Divers
Côte Nord	janvier	2		4	1	2	5
Côte Nord	juin	2		9	2		3
Côte Nord	juillet	1		1	1		1
Côte Nord	juillet	5	8	4	8		
Total		10	8	18	12	2	9

TABLEAU VI  
 Nombre de colonies isolées de chaque échantillon au symptôme « subérification »  
 (dans les parties centrales)

Origine	Mois	<i>Pyrenochaeta lycopersici</i>	<i>Colletotrichum coccodes</i>	<i>Fusarium sp.</i>	<i>Rhizoctonia solani</i>	<i>Rhizoctonia bataticola</i>	Divers
Côte Nord	décembre	8	2	6		1	3
Côte Nord	juin			17			1
Côte Nord	juin	19		13	5	1	3
Côte Nord	juin	18		2	9	3	2
Côte Nord	juin			13			4
Côte Nord	juillet	2		20	26	1	9
Côte Nord	juillet	11		11	17		1
Côte Nord	juillet			11	7		
Côte Sud	juillet	10		18	2	7	10
Côte Nord	juillet		16	22	24		2
Béqaa	août			9	1		
Côte Nord	août	2	5	18	1		1
Côte Nord	août	19		3	3		6
<b>Total</b>		<b>89</b>	<b>23</b>	<b>163</b>	<b>95</b>	<b>13</b>	<b>42</b>

TABLEAU VII  
 Nombre de colonies isolées de chaque échantillon au symptôme « points noirs »

Origine	Mois	<i>Pyrenochaeta lycopersici</i>	<i>Colletotrichum coccodes</i>	<i>Fusarium sp.</i>	<i>Rhizoctonia solani</i>	<i>Rhizoctonia bataticola</i>	Divers
Côte Nord	juin	3		3			2
Côte Nord	juin	1	8	26	3		1
Côte Nord	juin	1		6			
Côte Nord	juin		8	9	3		
Côte Sud	juillet	5		25	2	4	10
Côte Nord	juillet		11	1	4		
Côte Nord	juillet		11	2	1		1
Côte Nord	juillet	7		19	3		6
Côte Nord	août		13	2	1		12
Côte Nord	août	1	9	7			
Côte Nord	août		10	1	1		7
Côte Nord	août	1	13	4			9
Côte Nord	septembre		18	7		2	5
Côte Nord	octobre	3	23	2	5	1	2
Béqaa	octobre		23	3	2		2
Côte Nord	juillet		14	3	9		
<b>Total</b>		<b>22</b>	<b>161</b>	<b>120</b>	<b>34</b>	<b>7</b>	<b>57</b>

*Lésions brunes.*

a) Cas n° 1 (tableau III) : à partir de petits manchons bruns qui ceignent les racines et qui constituent la première manifestation de la maladie, nous avons obtenu surtout du *P. lycopersici*, mais aussi des *Fusarium* et du *R. solani*. Les colonies de *P. lycopersici* représentent la moitié des champignons obtenus.

b) L'aspect n° 2 : « racines brunes et molles » (tableau IV) est moins typique. De telles racines fournissent presque toujours des *Fusarium* et du *R. solani*, souvent du *P. lycopersici*, parfois aussi du *C. coccodes* (sans qu'il y ait de sclérotés apparents).

*Subérification.*

C'est le symptôme le plus caractéristique de la maladie : à la limite des zones malades (tableau V), on obtient régulièrement du *P. lycopersici*, alors que dans les parties anciennes (tableau VI) cette espèce n'apparaît pas toujours. Les *Fusarium* et le *R. solani* sont très abondants au centre des lésions, le *R. bataticola* est plus fréquent que dans les autres cas.

*Points noirs (tableau VII).*

Dans ce cas on constate que le *C. coccodes* est l'espèce dominante. Cependant on n'obtient pas toujours du *C. coccodes* à partir des racines qui portent des sclérotés. Ce champignon se développe pourtant bien, même en mélange avec d'autres espèces. Il semble que dans certains cas les petits sclérotés observés puissent appartenir au *P. lycopersici*, qui en produit d'ailleurs parfois en culture.

Ainsi :

- dans le premier stade de la maladie (brunissement des racines) le *P. lycopersici* est nettement plus abondant que les autres espèces ;
- on trouve toujours des *Fusarium* et du *R. solani* ;
- le *R. bataticola* fournit très peu de colonies, sauf dans les parties liégeuses les plus anciennes ;
- le *C. coccodes* est associé au faciès « points noirs », mais on peut en trouver dans d'autres cas, même s'il n'y a pas de sclérotés sur les racines.

**Coexistence des thalles obtenus en culture.**

Les fragments de racines de 3 à 4 millimètres qui sont mis en culture à partir d'un échantillon quelconque fournissent en général un, mais parfois deux ou même trois thalles correspondant à deux ou trois espèces différentes. Le fait, pour plusieurs espèces, de se trouver sur le même petit fragment de racine peut être dû au hasard, le découpage ayant été fait de telle sorte que des colonies voisines ont été accidentellement réunies. Mais si la cohabitation de ces espèces est régulièrement observée, on pourra présumer que ce phénomène n'est pas entièrement fortuit.

Nous avons observé dans nos isollements au cours de 4 mois, d'assez nombreuses coexistences de 2 espèces et, plus rarement, de 3 espèces.

*Coexistence de 2 espèces.*

Le tableau VIII a été établi avec des plantes ne présentant pas de symptômes de pourriture brune, ou seulement de légers symptômes. Le tableau IX a été préparé à

partir d'échantillons montrant des symptômes très nets. Il illustre donc ce que l'on obtient à un stade avancé de la maladie.

Au début de la maladie (tableau VIII), la presque totalité des colonies de *P. lycopersici* sont pures. Par la suite (tableau IX) elles sont assez souvent mêlées à des *Fusarium* ou au *R. solani*. Il en est à peu près de même du *C. coccodes*, que la majorité des fragments fournissent en culture pure. La présence simultanée dans un fragment élémentaire du *C. coccodes* et du *P. lycopersici* est très rare, quel que soit l'état de la plante. Le *R. bataticola* apparaît le plus souvent seul ou en compagnie de *Fusarium*. Le *R. solani* s'isole bien plus souvent avec d'autres espèces que seul, même sur des plantes peu atteintes. Il est surtout associé aux *Fusarium*, mais sur des sujets très atteints il apparaît aussi en compagnie du *P. lycopersici* ou du *C. coccodes*. Les *Fusarium* apparaissent seuls ou en compagnie de la plupart des autres espèces, alors que les *Cephalosporium* sont très rares. Enfin, un petit nombre de fragments peut fournir un mélange de *Phytophthora parasitica* ou de champignons stériles avec d'autres espèces.

TABLEAU VIII

Nombre d'obtentions de thalles d'une seule espèce (entre parenthèses après première mention de cette espèce) et nombre de fois qu'est constatée la coexistence de 2 espèces dans les isollements à partir de fragments de racines provenant d'échantillons sans symptômes accusés de pourriture brune.  
Relevés portant sur 4 mois, représentant 1 253 fragments de racines

<i>Pyrenochaeta lycopersici</i> (45)	+ <i>Colletotrichum coccodes</i> (89) .....	1
»	+ <i>Rhizoctonia bataticola</i> (24) .....	1
»	+ <i>Rhizoctonia solani</i> (44) .....	5
»	+ <i>Fusarium</i> (331) .....	7
<i>Colletotrichum coccodes</i>	+ <i>Rhizoctonia bataticola</i> .....	2
»	+ <i>Rhizoctonia solani</i> .....	6
»	+ <i>Fusarium</i> .....	28
»	+ champignons stériles (62) .....	3
<i>Rhizoctonia bataticola</i>	+ <i>Rhizoctonia solani</i> .....	1
»	+ <i>Fusarium</i> .....	21
<i>Rhizoctonia solani</i>	+ <i>Fusarium</i> .....	74
»	+ <i>Phytophthora parasitica</i> (10) .....	2
»	+ champignons stériles .....	4
<i>Fusarium</i>	+ champignons stériles .....	14
<i>Cephalosporium sp.</i> (6)	+ <i>Phytophthora parasitica</i> .....	2
<i>Phytophthora parasitica</i>	+ champignons stériles .....	1

### Coexistence de 3 espèces.

Elles sont beaucoup plus rares que les colonies doubles. Le tableau X réunit les observations faites sur l'ensemble des échantillons sains et malades, mais presque toutes les coexistences de 3 espèces observées proviennent de racines de plantes très atteintes. Dans presque tous les cas, l'une des trois espèces est le *R. solani*, et il s'agit presque toujours de groupements du type : *R. solani* + *Fusarium sp.* + 3<sup>e</sup> espèce.

TABEAU IX

Nombre d'obtentions de thalles d'une seule espèce (entre parenthèses après première mention de cette espèce) et nombre de fois qu'est constatée la coexistence de 2 espèces dans les isolements à partir de fragments de racines provenant d'échantillons à un stade avancé de la maladie.

Relevés portant sur 4 mois, représentant 598 fragments de racines

<i>Pyrenochaeta lycopersici</i> (74)	+ <i>Colletotrichum coccodes</i> (145) .....	5
»	+ <i>Rhizoctonia bataticola</i> (3) .....	5
»	+ <i>Rhizoctonia solani</i> (82) .....	15
»	+ <i>Fusarium</i> (173) .....	15
»	+ <i>Cephalosporium sp.</i> (4) .....	4
»	+ <i>Phytophthora parasitica</i> (10) .....	2
»	+ champignons stériles (34) .....	3
<i>Colletotrichum coccodes</i>	+ <i>Rhizoctonia bataticola</i> .....	1
»	+ <i>Rhizoctonia solani</i> .....	20
»	+ <i>Fusarium</i> .....	28
»	+ <i>Phytophthora parasitica</i> .....	3
»	+ champignons stériles .....	1
<i>Rhizoctonia bataticola</i>	+ <i>Rhizoctonia solani</i> .....	1
<i>Rhizoctonia solani</i>	+ <i>Fusarium</i> .....	109
»	+ champignons stériles .....	6
<i>Fusarium</i>	+ <i>Phytophthora parasitica</i> .....	5
»	+ champignons stériles .....	4

TABEAU X

Nombre de fois qu'est constatée la coexistence de 3 espèces dans les isolements à partir de fragments de racines de tomates atteintes de pourriture brune

<i>Rhizoctonia solani</i> + <i>Colletotrichum coccodes</i> + <i>Pyrenochaeta lycopersici</i> .....	3
» + <i>Rhizoctonia bataticola</i> + <i>Pyrenochaeta lycopersici</i> .....	1
» + <i>Fusarium</i> + <i>Pyrenochaeta lycopersici</i> .....	8
» + <i>Colletotrichum coccodes</i> .....	10
» + <i>Rhizoctonia bataticola</i> .....	1
» + <i>Phytophthora parasitica</i> .....	3
» + champignon stérile .....	1
» + champignon stérile + <i>Phytophthora parasitica</i> .....	1
» + <i>Pyrenochaeta lycopersici</i> + <i>Alternaria sp.</i> .....	1
» + champignon stérile .....	1
<i>Fusarium</i> + <i>Phytophthora parasitica</i> + champignon stérile .....	3
» + <i>Colletotrichum coccodes</i> .....	1
» + champignon stérile + .....	1

Il ressort de ces observations que :

— dans les premiers stades de la maladie, le *P. lycopersici* et le *C. coccodes* apparaissent en majorité en culture pure à partir des fragments de racines disposés dans les boîtes de Pétri ;

— on obtient dès le début en association le *R. solani* et des *Fusarium* ;

— quand la maladie progresse, on obtient, en plus de la coexistence de *R. solani* + *Fusarium* sp., celle de *R. solani* + *P. lycopersici* et *R. solani* + *C. coccodes*.

### Cas du *Colletotrichum coccodes*.

Le *C. coccodes* semble avoir une place à part parmi les champignons isolés sur les racines atteintes de pourriture brune. Il apparaît en effet dès le début de la maladie et colonise de façon autonome les racines (tableau VIII). Est-il régulièrement associé au *P. lycopersici* ? Pour nous en rendre compte, nous avons calculé, pour des plantes présentant l'un au moins des trois aspects de la pourriture brune, le nombre de sujets hébergeant l'un ou l'autre de ces parasites, ou les deux à la fois. Les résultats sont indiqués sous forme de pourcentages dans le graphique de la figure 2. Une certaine proportion de plantes ne fournit aucun des deux champignons, soit qu'ils aient été supplantés par d'autres espèces, soit que les désordres observés ne leur soient pas imputables. Dans la majorité des cas (sauf dans la Béqaa), c'est le *P. lycopersici* seul que l'on obtient. Mais un nombre appréciable de plantes (de 18 à 28 %) hébergent à la fois le *P. lycopersici* et le *C. coccodes*. Enfin, de 8 à 23 % des plantes, selon les régions, sont infectées seulement par le *C. coccodes*.

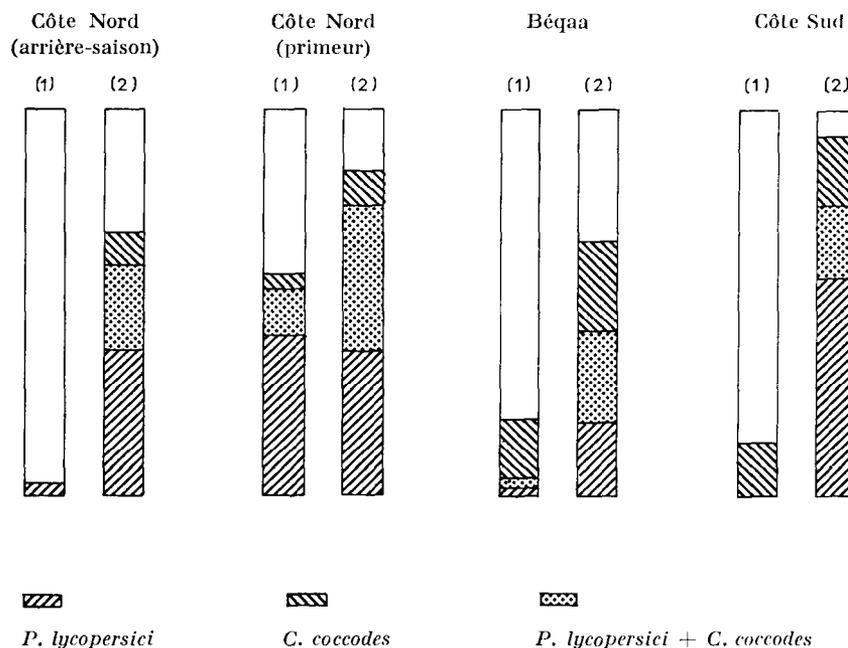


FIG. 2. — Répartition du *Pyrenochaeta lycopersici* et du *Colletotrichum coccodes* :  
 (1) = Isolements de plantes sans symptômes de pourriture brune.  
 (2) = Isolements de plantes avec symptômes de pourriture brune.

Voyons d'autre part comment évolue au cours de l'année la proportion de thalles de chacun de ces deux champignons obtenus à partir de fragments de racines. Nous avons calculé, lors de chaque prélèvement mensuel de plusieurs échantillons, le pourcentage de thalles apparus, par rapport au nombre de fragments mis en culture. Il n'a pas été tenu compte pour ce calcul de l'existence ou de l'absence de symptômes caractéristiques : en effet, des racines d'aspect sain peuvent avoir subi, en fait, un début de colonisation. Considérons d'abord les deux cas extrêmes (fig. 3) de la Côte Nord et du 'Akkar. Nous avons vu que sur la Côte Nord la pourriture brune typique est grave, surtout dans les cultures d'arrière-saison. Nous constatons que le *P. lycopersici* est le champignon prédominant (spécialement pendant les mois de novembre à janvier, qui peuvent être considérés comme froids : température moyenne inférieure à 18°). Dans le 'Akkar par contre, où l'on ne trouve que des cas parfois graves de « points noirs », le *P. lycopersici* est présent en très faibles proportions. Au contraire, le *C. coccodes* est fortement représenté dès le début de la culture.

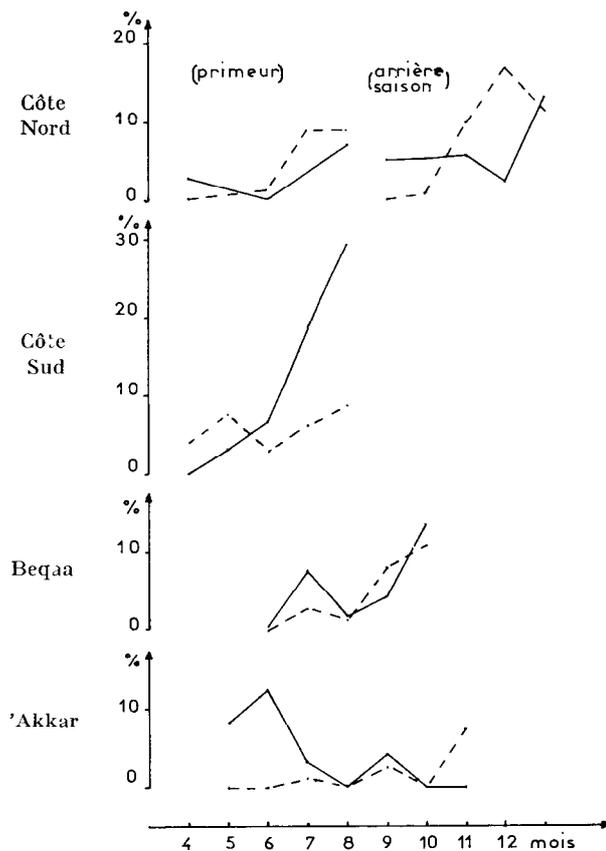


FIG. 3. — Évolution, au cours de l'année, du pourcentage de thalles de *Colletotrichum coccodes* (—) et de *Pyrenochaeta lycopersici* (---) obtenus dans les isolements.

Sur la Côte Sud, où la pourriture brune est grave surtout les premiers mois de culture, on isole le *P. lycopersici* aussitôt après le repiquage, et il se maintient sensiblement au même niveau pendant toute la saison. Le *C. coccodes* n'apparaît que progres-

sivement et devient important au fur et à mesure que le temps passe et que la température s'élève.

Dans la Béqaa, les deux champignons suivent un développement à peu près parallèle.

## DISCUSSION ET CONCLUSION

L'ensemble des observations précédentes confirme l'importance du *P. lycopersici* dans l'étiologie de la pourriture brune des racines de la tomate, à laquelle il semble étroitement associé, même en climat tempéré chaud. Mais d'autres champignons sont isolés régulièrement dans les racines malades et l'on peut se demander s'ils ne jouent pas aussi un rôle direct, soit en permettant l'introduction du *P. lycopersici*, soit en contribuant avec lui à l'expression des symptômes maladifs. EBBEN et WILLIAMS avaient envisagé une telle hypothèse en 1956, mais ils n'y font plus allusion dans leurs travaux ultérieurs. Notons que la flore qu'ils isolent sur les racines des plantes malades a une composition très différente de celle que nous venons d'étudier, les seules espèces importantes à la fois dans leur inventaire et dans le nôtre étant le *P. lycopersici* et le *C. coccodes*.

Lorsqu'on met en culture des fragments bruns de racines de plantes indemnes de pourriture brune, on isole surtout dans ces lésions des *Fusarium* et du *R. solani*. Ces champignons sont présents de la même façon dans les racines des plantes atteintes de pourriture brune. Il apparaîtrait logique de conclure que ces champignons ne sont pas capables d'aboutir aux symptômes de la pourriture brune, mais que ce sont des envahisseurs primaires grâce auxquels peut s'installer le *P. lycopersici*, lorsqu'il est présent. En réalité, il semble bien qu'il n'en est rien. En effet, dans les manchons bruns, premier stade de la maladie, le *P. lycopersici* domine très nettement en quantité. D'autre part, les colonies de *P. lycopersici* que l'on obtient dans ces conditions sont des colonies pures. Or le *P. lycopersici* est un champignon à croissance très lente, alors que les *Fusarium* et le *R. solani* se développent au contraire très rapidement. Si le *P. lycopersici* n'était pas le premier envahisseur, les autres espèces, présentes dans les mêmes tissus, se développeraient en même temps que lui et l'on obtiendrait des cultures mixtes. On constate que c'est le contraire qui se produit : c'est dans les stades les plus avancés de la maladie que l'on trouve des « associations » *P. lycopersici* + *Fusarium* sp. ou *P. lycopersici* + *R. solani* ou encore *P. lycopersici* + *Fusarium* sp. + *R. solani*.

S'il n'est pas possible d'exclure totalement que, parfois, certains *Fusarium* puissent aider à l'installation du *P. lycopersici*, on peut estimer que le *R. solani* ne joue pas, quant à lui, un grand rôle. En effet ce champignon apparaît, dans les isolements, presque toujours associé à une autre espèce, et rarement en culture pure. L'association entre le *R. solani* et le *F. solani* a été étudiée par de nombreux auteurs (ELAROSI, 1957 ; BOUHOT, 1965 ; GOUJON, 1967). Nous constatons ici que le *P. lycopersici*, de même que le *C. coccodes* et le *F. oxysporum* semble favoriser, lui aussi, l'introduction du *R. solani*.

Le *R. bataticola* est généralement plus fréquent sur les plantes malades. Mais on n'en isole qu'un très petit nombre de thalles pour une plante donnée. Compte tenu de la grande rapidité de croissance de ce champignon, cela signifie que quelques fragments de racines seulement sont parasités, et qu'il reste donc très localisé. L'observation de plantes provenant du 'Akkar, où il est plus répandu qu'ailleurs, confirme qu'il n'affecte guère le système racinaire. Enfin, on en isole surtout dans les parties malades les plus anciennes. Ceci nous autorise à conclure que c'est certainement un élément négligeable du complexe, et vraisemblablement un parasite de faiblesse dans les conditions locales.

Comme le *P. lycopersici*, le *C. coccodes* peut être mis en évidence dès les premiers symptômes de la maladie, ce qui représente une différence par rapport à ce qu'obtiennent LAST et EBBEN (1966) en Angleterre. Les colonies que l'on observe sont parfois associées à des *Fusarium*, mais il apparaît au début en grande majorité en culture pure. Il semble bien se comporter en envahisseur primaire, pouvant être suivi par le *R. solani* ou l'ensemble *R. solani* + *Fusarium sp.* Cependant on ne peut pas observer de liaison étroite entre le *C. coccodes* et le *P. lycopersici* et chaque champignon semble évoluer de façon indépendante. Bien que les deux parasites puissent être isolés à la fois dans chaque type de lésion, on n'obtient qu'exceptionnellement des colonies mixtes *P. lycopersici* + *C. coccodes*. Et il s'agit plutôt d'un éloignement dans l'espace que d'un éloignement dans le temps puisque les deux champignons s'installent précocement sur les racines. D'autre part, on ne rencontre pas de *C. coccodes* dans tous les cas de pourriture brune ; il n'est vraiment abondant que sur les racines présentant des sclérotés.

Il semble bien qu'en fait, sous un climat relativement chaud comme celui de la côte libanaise, deux maladies coexistent sous le nom de pourriture brune des racines : l'une causée par le *P. lycopersici*, l'autre due au *C. coccodes*.

La première est caractérisée par un brunissement d'abord très délimité, puis progressif, des racines, suivi d'un dessèchement et d'une subérification de l'écorce des plus grosses racines, et d'une pourriture brune des plus petites. C'est la plus grave et la plus répandue. Elle est bien définie par le nom de maladie des racines liégeuses, qui évoque son aspect le plus caractéristique, et qui est déjà utilisé en France.

La seconde consiste en une attaque des tissus corticaux qui pourrissent et peuvent se couvrir de sclérotés, cette « extériorisation » étant parfois tardive. Elle peut, dans certaines circonstances, entraîner des dégâts assez graves. Elle est souvent superposée à la précédente et ces deux affections ont un symptôme commun : le brunissement, suivi de pourriture, des petites racines, ce qui prête à confusion. Le terme de dartoise jadis employé par DUCOMET (1908) ne correspond pas très bien aux symptômes, et il semble préférable, pour la désigner de s'en tenir à l'appellation de « black dot » (points noirs).

Il n'est pas actuellement possible de savoir si la coexistence fréquente de ces deux maladies s'explique par des exigences écologiques semblables des deux agents pathogènes. Nos prochaines recherches s'efforceront de répondre à cette question, après avoir vérifié expérimentalement nos hypothèses sur le rôle des divers parasites isolés dans les racines.

*Manuscrit déposé le 20 décembre 1968.*

#### BIBLIOGRAPHIE

- ANSTETT (A.) — 1968 — La fertilisation de la tomate selon diverses techniques culturales. *Pépiniéristes, Horticulteurs, Maraîchers*, n° 87, 4941-4951.
- BOUHOT (D.) — 1965 — Les champignons du sol parasites des plantes cultivées au Sénégal. *Congr. Protection Cultures Tropicales*, 23-27 mars 1965, Marseille, 819-822.
- CICCARONE (A.) — 1956 — Gli aspetti fitopatologici della coltura del pomodoro in Italia. *Genet. agr.* 6, 303-304.
- DAVET (P.) — 1968 — Observations sur la mycoflore des racines de quelques plantes maraîchères du Liban. (Sous presse.)

- DUCOMET (V.) — 1908 — Une nouvelle maladie de la pomme de terre : dartrose. *Ann. Ecol. nat. Agr.*, Rennes, 2, 24-47.
- EBBEN (M. H.), WILLIAMS (P. H.) — 1956 — Brown root rot of tomatoes. 1. the associated fungal flora. *Ann. appl. Biol.*, 44, 425-436.
- ELAROSI (H.) — 1957 — Fungal associations. 1. Synergistic relation between *Rhizoctonia solani* Kühn and *Fusarium solani* Snyder and Hansen in causing a potato tuber rot. *Ann. Bot. Lond.*, N.S., 21, 84, 555-567.
- GARIBALDI (A.), MATTA (A.) — 1965 — Il « corky root » del Pomodoro in Liguria. *Phytopath. Medit.* IV, 167-169.
- GOUJON (M.) — 1967 — Étude de la synergie parasitaire *Rhizoctonia solani* Kühn-*Fusarium solani* Snyder et Hansen chez la Tomate. *Cah. O.R.S.T.O.M.*, sér. Biol., n° 4, 43-51.
- LAST (F. T.), EBBEN (M. H.) — 1963 — Brown root rot of tomatoes. *N.A.A.S. quarterly Review*, 62, 68-75.
- LAST (F. T.), EBBEN (M. H.) — 1966 — The epidemiology of tomato brown root rot. *Ann. appl. Biol.*, 57, 95-112.
- MESSIAEN (C. M.), LAFON (R.) — 1963 — Les maladies des plantes maraîchères. *I.N.R.A.* éd., vol. I, 68.
- NOORDAM (D.), TERMOHLEN (G. P.), THUNG (T. H.) — 1957 — Kurkwortelverschijnselen van tomaat, veroorzaakt door een steriel mycelium. *T. PlZiekt.*, 63, 145-152.
- RICHARDSON (J. K.), BERKELEY (G. H.) — 1944 — Basal rot of tomato. *Phytopathology*, 34, 615-621.
- TERMOHLEN (G. P.) — 1962 — Onderzoekingen over Kurkwortel van tomaat en over de Kurkwortelschimmel. *T. PlZiekt.*, 68, 295-367.
- WILLIAMS (P. H.) — 1929 — Fungi occurring in tomato roots. *Rep. exp. Res. Stn. Cheshunt*, 1928, p. 42.