

PATHOLOGIE VÉGÉTALE

La maladie de la « tache » de la carotte due à *Pythium violae* Chesters et Hickman : données symptomatologiques et étiologiques

Françoise MONTFORT & Francis ROUXEL

I.N.R.A., Station de Pathologie végétale, Centre de Recherches de Rennes, BP 29, F 35650 Le Rheu

RÉSUMÉ

L'un des problèmes parasitaires les plus importants sur culture de carotte en France est celui de la « tache », qui se caractérise par la présence de petites lésions sèches sur les racines.

Un suivi phytosanitaire réalisé pendant 2 ans sur 10 parcelles de carottes en région nantaise a permis de suivre l'évolution des symptômes et de relier l'apparition de la maladie à la présence de *Pythium* spp., les autres constituants de la mycoflore racinaire (*Fusarium solani*, *Cylindrocarpon* spp.) pouvant être considérés comme des envahisseurs secondaires. Seuls des *Pythium*, en particulier *P. violae*, reproduisent les symptômes typiques de la tache, soit par inoculation directe de racines de carotte, soit après infestation artificielle de sol.

L'ensemble des résultats conduit à assimiler la maladie de la tache au « cavity spot » étudié par les chercheurs anglosaxons. De nombreux points restent à approfondir, notamment l'étude des différents faciès de la maladie et le rôle d'espèces de *Pythium* autres que *P. violae* dans leur développement. Plusieurs voies de recherche de moyens de lutte sont envisagées.

Mots clés additionnels : *Daucus carota*, champignon tellurique, *Pythium*, pouvoir pathogène, diagnostic.

SUMMARY

Cavity spot of carrots caused by Pythium violae Chesters & Hickman : symptomatological and etiological data in France

The problem of sunken lesions ("tache") on carrot roots is one of the most serious disorders on this crop in France. This disease is characterized by small elliptical depressions which occur on young and mature roots. After a study carried out for 2 years in 10 fields of the early carrot-growing area (Nantes), this paper describes symptom development and the relationship between lesion appearance and the presence of *Pythium* spp. The other components of the root microflora (*Fusarium solani*, *Cylindrocarpon* spp.) appeared to be secondary colonizers. Only *Pythium* spp., especially *P. violae*, produced typical symptoms of the disease when inoculated directly on carrot roots or when introduced in sterilized soil. Our observations and results indicate that this disease and the "cavity spot" studied in Great Britain are similar. Many questions remain, particularly on the various aspects of the disease and role of different *Pythium* species. Several ways of reducing the incidence of the problem are now being investigated.

Additional key words : *Daucus carota*, soil fungus, *Pythium*, pathogenicity, diagnostic.

I. INTRODUCTION

La culture de la carotte représente l'une des plus importantes productions légumières au niveau européen ; les problèmes phytosanitaires qui l'affectent sont d'autant plus préjudiciables que la concurrence est sévère entre les différents pays producteurs.

En France, l'inventaire des problèmes parasitaires affectant cette culture a été dressé à plusieurs reprises

(MESSIAEN & LAFON, 1970 ; JOUAN *et al.*, 1977). Les seules recherches conduites jusqu'à présent concernent le symptôme de « bague » dû à *Phytophthora megasperma* Drechsl., champignon responsable d'importantes pourritures hivernales en Normandie (BRETON & ROUXEL, 1985) A l'étranger au contraire, nombreux sont les travaux relatifs à divers problèmes racinaires :

— Aux U.S.A., MILDENHALL & WILLIAMS, en 1970, signalent la pathogénicité sur carotte de *Rhizoctonia* sp.,

responsable de lésions au niveau de la zone d'émergence des racines latérales (« crown rot »).

L'année suivante, MILDENHALL *et al.* (1971) décrivent sous le nom de « brown rot » ou « root dieback » un symptôme de brunissement des racines secondaires et de l'extrémité de la racine principale ; ils attribuent ce symptôme à différentes espèces de *Pythium*.

— En Italie, TAMIETTI & MATTA (1980) étudient les principaux parasites hébergés par les racines de carotte demeurées dans le sol pendant l'hiver : les agents pathogènes les plus fréquemment rencontrés sont *Rhizoctonia solani* Kühn., *Pythium ultimum* Trow. et *Fusarium solani* (Mart.) Sacc.

Au cours des 20 dernières années, c'est cependant le « cavity spot » qui a fait l'objet du plus grand nombre de recherches, notamment en Grande-Bretagne : décrit pour la première fois aux U.S.A. (GUBA *et al.*, 1961), ce problème est ensuite signalé dans de nombreux pays. Les chercheurs lui attribuent au départ une origine physiologique. D'autres hypothèses ont ensuite été émises : déficience en calcium (MAYNARD *et al.*, 1961 ; DEKOCK *et al.*, 1981), compaction des sols et rôle de *Clostridium* spp. (PERRY & HARRISON, 1979 *a, b* ; PERRY, 1983). Mais ce sont les travaux de LYSHOL *et al.* (1984), montrant l'efficacité de traitements fongicides antiphycomycètes, le métalaxyl notamment, qui ont permis d'établir l'origine parasitaire du « cavity spot » et d'incriminer des Pythiacées. Parallèlement, les travaux de WHITE (1984) démontrent réellement le rôle des Pythiacées dans la manifestation du « cavity spot » et GROOM & PERRY (1985) identifient l'agent pathogène comme étant *Pythium violae* Chesters & Hickman.

En France, l'un des problèmes les plus préoccupants au cours des 10 dernières années a été celui dit de « la tache ». D'abord observé en région nantaise sur carotte de primeur dont il déprécie fortement la qualité, cet accident racinaire affecte actuellement tous les types de carotte (primeur, conserve, carottes d'hiver conservées dans le sol).

En raison de l'absence de données symptomatologiques permettant d'assimiler ce problème à l'un des symptômes décrits dans la littérature et de l'ignorance totale de son origine, aucune perspective de lutte n'apparaissait jusqu'à ces dernières années. Les travaux présentés dans cet article, initiés en 1983, avaient donc pour objectif de préciser la nature exacte des symptômes et leur évolution, puis d'en rechercher l'origine.

II. MATÉRIEL ET MÉTHODES

A. Etude des symptômes racinaires et analyse de la mycoflore associée

1. Echantillonnage et prélèvements du matériel d'analyse

Un suivi phytosanitaire a été effectué sur culture de carotte de primeur en région nantaise pendant 2 années successives (1983 et 1984) ; son principe consiste à observer l'évolution de l'état sanitaire des racines tout au long de la saison culturale. Il a été réalisé sur 10 parcelles de culture choisies de façon à prendre en

compte les éventuelles variations climatiques, édaphiques et culturales au sein de la zone légumière.

Chaque parcelle est délimitée en 8 blocs : dans chaque bloc sont arrachées au hasard 10 plantes tous les 15 jours, depuis début-février (début du grossissement du pivot) jusqu'à fin-mai (date de récolte).

2. Description des symptômes et analyse de la mycoflore racinaire

Les 80 racines de carotte prélevées dans chaque parcelle sont immédiatement lavées et les lésions sont soigneusement observées et décrites aux différents stades végétatifs de la plante.

La mycoflore racinaire est analysée selon le protocole suivant : à chaque date, 16 des 80 racines prélevées (2 par bloc) font l'objet d'isollements microbiologiques : les tissus sont désinfectés superficiellement à l'éthanol à 95° pendant 30 secondes, rincés à l'eau stérile puis découpés à raison de 10 fragments par racine qui sont déposés sur un milieu malt gélosé additionné d'antibiotiques (polymixine 0,05 p. 1000, pénicilline 0,25 p. 1000).

Pour chaque parcelle, les fréquences des espèces fongiques les plus couramment isolées sont calculées et les résultats mis en parallèle avec les pourcentages de racines atteintes de tache, en fonction du temps.

B. Etude du pouvoir pathogène des principales espèces fongiques isolées à partir des symptômes de tache

1. Inoculation sur racines de carotte

L'étude a porté sur 3 espèces : *Fusarium solani*, *Pythium violae*, *Cylindrocarpon* sp.. La méthode d'inoculation artificielle utilisée est inspirée de celle décrite par BRETON & ROUXEL (1985) : des racines de carotte saines (variété TARENCO) sont soigneusement lavées, puis découpées en demi-tronçons d'environ 3 cm de diamètre et 3 cm de longueur. Après blessure superficielle de l'épiderme à la toile abrasive, les demi-tronçons sont déposés dans des chambres humides à raison de 25 par traitement : 20 d'entre eux sont alors inoculés par dépôt sur l'épiderme blessé d'un explantat mycélien de l'espèce fongique à étudier (pastille de malt gélosé de 4 mm de diamètre prélevée au front de croissance d'une colonie âgée de 7 jours). Les 5 autres explantats, qui reçoivent une pastille non colonisée, constituent le témoin.

Les chambres humides (4 par traitement) sont placées à la température choisie (5, 10, 15, 20, 25 °C) pendant 9 jours. Les notations ont lieu 3 et 9 jours après l'inoculation ; elles consistent à apprécier l'aspect et mesurer les dimensions des nécroses autour de chaque point d'inoculation. Les résultats sont exprimés en surface moyenne (mm²) de nécrose par demi-tronçon de racine.

2. Infestation de sol

L'inoculum de *P. violae* est produit sur milieu à base de pois (100 g/l) pendant 3 semaines à l'obscurité à 20 °C. Il est ensuite filtré sur mousseline, broyé puis dilué 5 fois dans l'eau. Cette suspension est alors introduite dans un mélange terreux désinfecté (1/3 terre franche, 1/3 sable, 1/3 tourbe) à raison d'un volume de

suspension d'inoculum pour 50 volumes de sol (introduction du même volume d'eau dans les témoins). Un brassage mécanique permet une bonne homogénéisation du mélange.

Cette terre infestée est répartie en 15 pots de 8 cm de diamètre et 25 cm de haut. Le témoin est constitué de 5 pots de terre non infestée. Dans chaque pot sont immédiatement semées 6 graines de carotte (variété Tarenco). Après 75 jours de culture sous abri (température comprise entre 15 et 25 °C), les carottes sont arrachées et les symptômes décrits.

III. RÉSULTATS

A. Description des symptômes de tache et analyse de la mycoflore associée en cours de culture

1. Symptôme de la maladie de la tache

Les premières manifestations sont caractérisées par l'apparition sur le pivot de petites taches elliptiques souvent translucides aux contours très nettement délimités (pl. 1a); ces taches évoluent rapidement en dépression (cavités) marron clair correspondant à un affaissement et un brunissement des assises de cellules superficielles. Le symptôme primaire, toujours limité aux tissus externes, a un aspect cicatrisé (pl. 1b).

Les lésions primaires se manifestent le plus souvent sur racines très jeunes, en fin-février sur carotte de primeur, alors que le diamètre du pivot n'excède pas 5 mm. Mais c'est en mars et avril qu'apparaît le plus grand nombre de nécroses, sous forme de lésions cicatrisées. Le symptôme s'accompagne souvent de fendillements, puis d'éclatements longitudinaux des tissus lors du grossissement des racines (pl. 1c). Il arrive également que les assises lésées se desquamment sans provoquer d'altérations des tissus sains.

Une nouvelle apparition de symptômes a parfois lieu à l'approche de la récolte, fin-mai ou début-juin, lorsque les racines sont proches de la maturité. A cette époque, la surface des lésions est généralement plus importante et les taches translucides évoluent quelquefois très rapidement en pourriture humide (pl. 1d).

2. Evolution de l'intensité de la maladie au cours de la culture et analyse de la mycoflore associée

L'analyse des données recueillies sur les 10 parcelles suivies pendant 2 ans a mis en évidence la présence d'une mycoflore variée composée de Pythiacées, *Fusarium solani*, *Cylindrocarpon* spp., *Fusarium oxysporum* Schlecht, *Alternaria* spp., *Stemphylium* spp., *Phoma exigua* Deem, *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib) de Bary...

Les résultats exprimés ici pour 2 parcelles présentant des attaques caractéristiques (fig. 1a, b) montrent que les fréquences d'isolement des 3 espèces dominantes (*Cylindrocarpon* spp., *Fusarium solani*, *Pythium violae* *)

varient avec l'évolution de la maladie en cours de culture, exprimée en pourcentage de racines tachées. A partir des symptômes primaires de tache est principalement isolé *P. violae*; sa fréquence d'isolement augmente avec l'intensification des symptômes. Puis, lorsque l'apparition de nouveaux symptômes se raréfie et que la plupart des lésions sont cicatrisées, la fréquence d'isolement de *P. violae* diminue; les principaux colonisateurs des tissus nécrosés sont alors *F. solani* et *Cylindrocarpon* spp.. A partir de fin-avril, *P. violae* est très rarement isolé, sauf si, en fin de culture, les conditions climatiques (humidité et température relativement élevées) sont favorables à la recrudescence de la maladie, comme ce fut le cas en 1984 (fig. 1b). L'apparition de nouveaux symptômes permet alors l'isolement de *P. violae*, tandis que les fréquences d'isolement de *F. solani* et de *Cylindrocarpon* spp. chutent parallèlement.

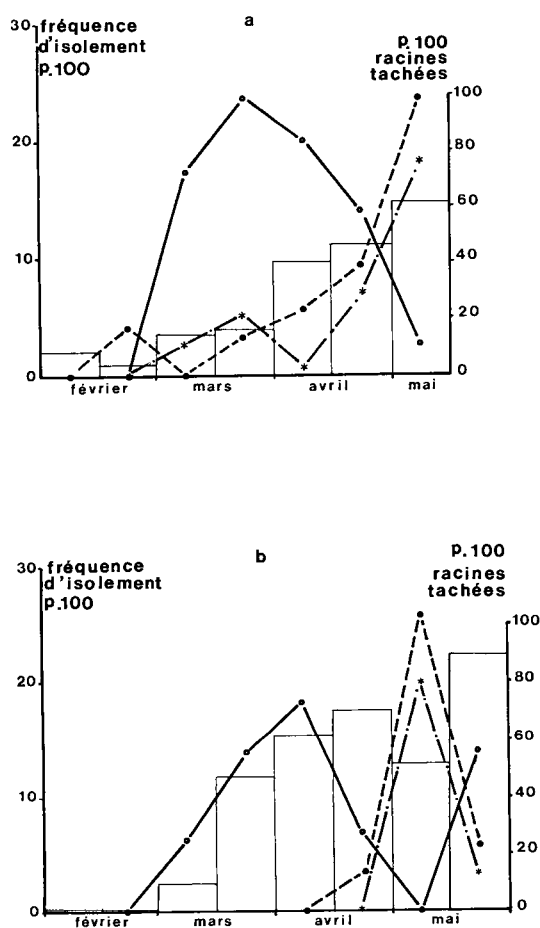


Figure 1

Evolution de l'intensité de la maladie de la tache au cours de la culture et fréquences des 3 principales espèces fongiques isolées :

Pythium violae (● — ●), *Cylindrocarpon* spp. (● - - - ●), *Fusarium solani* (* - · - *).

a : parcelle suivie en 1983.

b : parcelle suivie en 1984.

Progress of disease intensity during the growing seasons and frequency of the three main fungal species isolated :

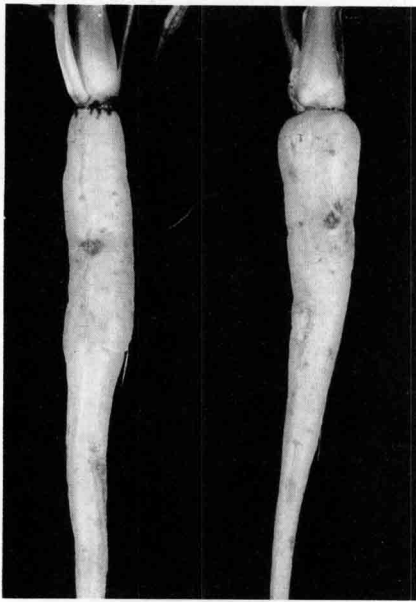
Pythium violae (● — ●),

Cylindrocarpon spp. (● - - - ●), *Fusarium solani* (* - · - *).

a : field studied in 1983.

b : field studied in 1984.

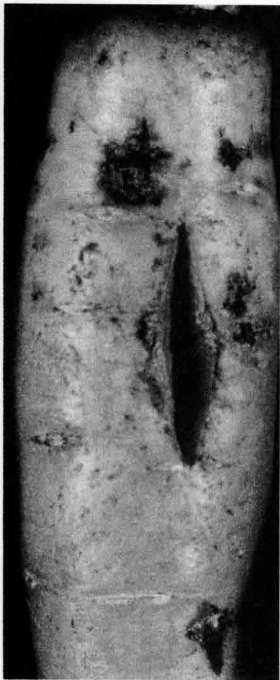
*Détermination du Dr D. J. STAMPS (Commonwealth Mycological Institute, Londres, Grande-Bretagne) sur les critères suivants : sporanges non observés, 1 à 8 anthéridies par oogone, oospores aplérotiques de 24 à 30 µm de diamètre.



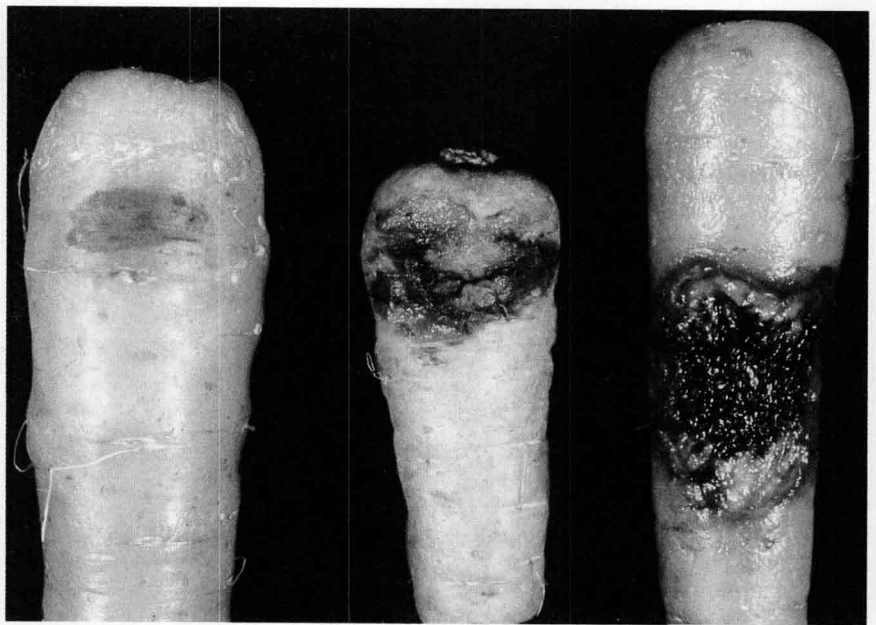
a



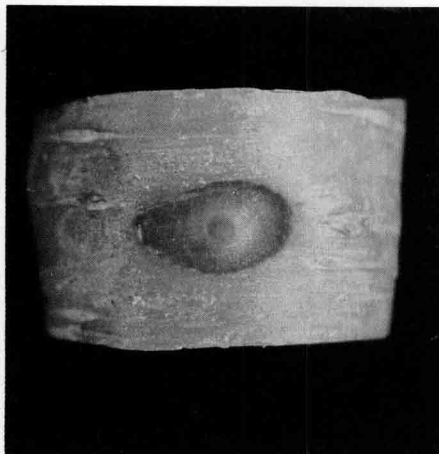
b



c



d



e



f

B. Mise en évidence du rôle du *Pythium* dans la manifestation de la tache

1. Inoculation sur racines de carotte

Seul *P. violae* provoque des lésions tout à fait typiques du symptôme de tache : petites lésions elliptiques translucides puis marron clair, aux contours nets (pl. 1e). Aucune nécrose n'apparaît après inoculation de *Cylindrocarpon* spp.. Quant à *F. solani*, il provoque autour du point d'inoculation une zone brune recouverte d'un abondant feutrage mycélien blanc. Ce symptôme, qui évolue en pourriture, est totalement différent de celui de la tache observé en culture. En outre, de telles lésions n'ont pu être obtenues qu'à des températures élevées (supérieures à 20 °C) qui ne concordent pas avec les conditions d'apparition de la tache en culture.

En revanche, l'optimum thermique d'attaque de *P. violae* se situe aux alentours de 15 °C (fig. 2). La surface des lésions n'augmente pratiquement plus au-delà de 3 jours après inoculation : la nécrose se cicatrise et prend l'aspect caractéristique du symptôme de tache précédemment décrit.

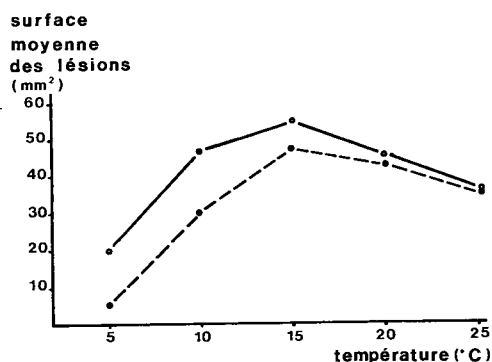


Figure 2

Influence de la température sur l'intensité des symptômes de tache obtenus après inoculation de racines de carotte par *Pythium violae* : lecture 3 jours (● --- ●) et 9 jours (● ——— ●) après inoculation.

Influence of temperature levels on cavity spot symptoms induced following inoculation of carrot roots by *Pythium violae*. Assessment 3 days (● --- ●) and 9 days (● ——— ●) after inoculation.

2. Infestation de sol

A l'arrachage, les racines de carottes issues de sol infesté par *P. violae* présentent 2 types de symptômes :

— des nécroses marron clair en dépression tout à fait typiques de la maladie de la tache,

— de petites lésions brunes à l'insertion des racines secondaires ; les premières radicelles, nécrosées, sont remplacées par un nouveau chevelu racinaire et les pivots prennent un aspect annelé (pl. 1f).

IV. CONCLUSIONS — DISCUSSIONS

Les résultats présentés dans cet article démontrent que le problème de la tache de la carotte est d'origine parasitaire, et que l'agent pathogène appartient au genre *Pythium*. En effet :

— c'est *P. violae* qui est isolé préférentiellement à partir des symptômes primaires de la tache, tandis que les autres champignons les plus fréquents (*Fusarium solani*, *Cylindrocarpon* spp.), qui apparaissent plus tardivement, peuvent être considérés comme des envahisseurs secondaires. Il a été montré par ailleurs (MONTFORT & ROUXEL, 1985) que ce même *Pythium* n'est pratiquement pas isolé à partir de carottes ne présentant pas les symptômes typiques de tache.

— inoculé, parallèlement aux autres champignons isolés, sur racines de carotte au laboratoire, seul *P. violae* reproduit des symptômes tout à fait identiques à ceux obtenus en culture, ceci à des températures qui concordent avec celles existant en fin-février en région nantaise, à l'époque où commence à s'exprimer la maladie. Des symptômes comparables sont également obtenus sur carottes cultivées en sol infesté artificiellement par *P. violae*.

La nature des symptômes et le diagnostic ainsi établi permettent d'assimiler le problème de la tache au « cavity spot », maladie décrite par les chercheurs anglo-saxons et dont les conditions de manifestation sont abondamment commentées dans la littérature. Plusieurs points restent cependant à approfondir, concernant aussi bien l'agent pathogène que les différents faciès de la maladie.

Ainsi, le rôle de *P. violae* dans le développement de la tache est bien démontré ; mais nous avons pu vérifier par ailleurs (non publié) que d'autres *Pythium*, isolés de lin ou de pomme de terre notamment, peuvent provoquer des lésions après réinoculation sur racines de carotte. Ceci va dans le sens des conclusions de WHITE (1986) qui attribuent les symptômes de « cavity spot » non seulement à *P. violae*, mais aussi à plusieurs autres espèces (*P. sylvaticum* Campbell & Hendrix, *P. intermedium* de Bary, *P. ultimum* Trow., *P. aphanidermatum* (Edson) Fitzp.). Il conviendra donc de chercher à faire

Planche 1

Symptômes de la tache sur racines de carotte :

- a : symptômes primaires : petites taches elliptiques marron clair.
- b : lésions sèches en creux caractéristiques.
- c : éclatements consécutifs à une manifestation précoce de la tache.
- d : évolution possible de la tache en pourriture humide en fin de culture.
- e : symptômes de tache obtenu après inoculation de *Pythium violae* sur racines de carotte.
- f : symptômes de tache obtenus après infestation artificielle de sol par *Pythium violae*.

Symptoms of cavity spot on carrot roots :

- a : primary symptoms : small elliptical light-brown depressions.
- b : characteristic dry depressions.
- c : splits after early attacks.
- d : possible development of lesions to wet rot at harvesting.
- e : symptoms of sunken lesions after inoculation of *Pythium violae* on carrot roots.
- f : symptoms of sunken lesions after artificial infestation of soil by *Pythium violae*.

la part du rôle des diverses espèces de *Pythium* dans ce problème, en fonction des zones de production, conditions climatiques, systèmes culturaux...

D'autre part, nous avons montré que des racines de carotte cultivées en sol infesté artificiellement par *P. violae* peuvent présenter 2 types de symptôme, soit la forme typique « nécrose sèche en dépression », soit un « aspect annelé chevelu ». Ces 2 faciès sont à rapprocher des 2 symptômes de « cavity spot » et de « root dieback » déjà décrits par LYSHOL *et al.* (1984). Si l'aspect « annelé » de certaines racines est parfois observé en culture, ce symptôme était jusqu'ici considéré comme indépendant de la maladie de la tache. Il conviendra donc maintenant de chercher à connaître l'importance respective des 2 types de symptôme, ainsi que les facteurs (stade physiologique de la carotte, conditions climatiques, niveau d'infestation du sol par *Pythium*...) conduisant le même parasite à induire l'un ou l'autre symptôme.

Parallèlement aux études visant à approfondir ces connaissances de base, la recherche de méthodes de lutte

reposant sur la conjonction de plusieurs modes d'intervention peut dès à présent être envisagée : la manifestation de la tache est favorisée par une humidité importante du sol souvent liée aux phénomènes de compactage et de mauvais ressuyage du sol (MONTFORT & ROUXEL, 1985). Le choix de méthodes culturales appropriées (drainage, sablage...), destinées à réduire les populations de *Pythium* dans les sols ou à limiter l'expression de leur pouvoir pathogène, doit donc constituer l'un des objectifs prioritaires.

On peut y associer des méthodes de lutte chimique : comme l'ont déjà montré certaines travaux étrangers (GLADDERS & CROMPTON, 1984 ; LYSHOL *et al.*, 1984), désinfection de sol et utilisation de matières actives anti-phycomycètes permettent de réduire notablement l'incidence de la maladie.

Enfin, la sélection variétale pour la résistance à cette maladie devrait permettre d'apporter une solution durable à ce problème, dans la mesure où des sources de résistance valables seront mises en évidence.

Reçu le 22 mars 1988.

Accepté le 1^{er} juin 1988.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Breton D., Rouxel F., 1985. Etude des pourritures hivernales de la carotte : la maladie de la bague due au *Phytophthora megasperma*. 1^{re} J. études maladies des plantes, 26-27 février. ANPP, 2, 165-173.
- Dekock P. C., Hall A., Inkson R. H. E., 1981. Cavity spot of carrots. *An. Edafol. Agrobiol.*, 40, 307-316.
- Gladders P., Crompton J. G., 1984. Comparison of fungicides for control of cavity spot in carrots. *Ann. appl. Biol.*, suppl. 104, 36-37.
- Groom M. R., Perry D. A., 1985. Induction of "cavity spot like" lesions on roots of *Daucus carota* by *Pythium violae*. *Trans. Br. mycol. Soc.*, 84, 755-757.
- Guba E. F., Young R. E., Ul T., 1961. Cavity spot disease of carrots and parsnip roots. *Plant Dis. Rptr.*, 45, 102-105.
- Jouan B., Grill D., Pelletier J., 1977. Principales maladies de la carotte, p. 7-21. In *La carotte : maladies et ennemis*. INVUFLEC, 76 p.
- Lyshol A. J., Semb L., Taksdal G., 1984. Reduction of cavity spot and root dieback in carrots by fungicide applications. *Plant Pathol.*, 33, 193-198.
- Maynard D. N., Gersten B., Vlack E. F., Vernell H. F., 1961. The effects of nutrient concentration and calcium levels on the occurrence of carrot cavity spot. *Proc. Am. Soc. hortic. Sci.*, 78, 339-342.
- Messiaen C. M., Lafon R., 1970. *Les maladies des plantes maraîchères*, 441 p., 2^e édit., INRA, Paris.
- Mildenhall J. P., Williams P. H., 1970. *Rhizoctonia* crown rot and cavity spot of muck-grown carrots. *Phytopathology*, 60, 887-890.
- Mildenhall J. P., Pratt R. G., Williams P. H., Mitchell J. F., 1971. *Pythium* brown rot and forking of muck-grown carrots. *Plant. Dis. Rptr.*, 55, 536-540.
- Montfort F., Rouxel F., 1985. La maladie de la tache de la carotte de primeur due au *Pythium* sp. 1^{re} J. études maladies des plantes, 26-27 février. ANPP, 2, 157-163.
- Perry D. A., 1983. Effect of soil cultivation and anaerobiosis on cavity spot of carrots. *Ann. appl. Biol.*, 103, 541-547.
- Perry D. A., Harrison J. G., 1979a. Cavity spot of carrots. I. Symptomatology and calcium involvement. *Ann. appl. Biol.*, 93, 101.
- Perry D. A., Harrison J. G., 1979b. Cavity spot of carrots. II. The effect of soil conditions and the role of pectolytic anaerobic bacteria. *Ann. appl. Biol.*, 93, 109-115.
- Tamietti G., Matta A., 1980. Alterazioni dei fittoni di carota durante il periodo invernale di conservazione in campo. *Riv. Patol. veg.*, 17, 45-54.
- White J. G., 1984. Cavity spot of carrots : association of *Pythium* and *Phytophthora* spp. with cavity spot. *Natl. Veg. Res. Stn., annu. Rep.*, 80-81.
- White J. G., 1986. The association of *Pythium* spp. with cavity spot and root dieback of carrots. *Ann. appl. Biol.*, 108, 265-273.