

Les pourridiés à *Armillariella* et *Rosellinia* en France sur vigne, arbres fruitiers et cultures florales

I. Etiologie et symptomatologie

Jean Jacques GUILLAUMIN, Serge MERCIER (*) & Bernadette DUBOS (**)

I.N.R.A. Station de Pathologie végétale, 12, avenue du Brézet, F 63039 Clermont-Ferrand Cedex

(*) I.N.R.A. Station de Pathologie végétale, 62, boulevard du Cap, F 06602 Antibes

(**) I.N.R.A., Station de Pathologie végétale, Centre de Recherches de Bordeaux, Pont-de-la-Maye, F 33140 Villenave d'Ornon

RÉSUMÉ

Vigne,
Arbres fruitiers,
Plantes florales,
Pourridiés,
Armillariella,
Rosellinia.

Les auteurs ont répertorié et analysé 260 cas de pourridiés en France sur vigne, arbres fruitiers et plantes florales, ornementales et à parfums.

L'armillaire est l'agent de pourridié le plus répandu et le plus grave sur la vigne, le pêcher, l'abricotier et l'amandier. Le pourridié laineux à *Rosellinia* est au contraire plus fréquent sur pommier, jasmin, lavande, ainsi que sur les cultures florales non ligneuses. Le rosier, le cerisier, le figuier et l'olivier hébergent l'un et l'autre parasite avec des fréquences comparables.

Les symptômes des deux agents de pourridié sur divers hôtes font l'objet d'une description. Les deux champignons sont indiscernables par les symptômes qu'ils entraînent sur la partie aérienne des plantes parasitées. Par contre, l'aspect du mycélium agrégé souterrain permet généralement une distinction aisée entre les deux espèces.

SUMMARY

Root-rot caused by Armillariella and Rosellinia in France on vine, orchard trees and flower crops.

I. Etiology and symptoms

Vine,
Orchard trees,
Flower crops,
Root-rots,
Armillaria (ella),
Rosellinia.

About 260 cases of root-rot were observed and analyzed on vine, orchard-trees and flower crops in central and southern France.

Apart from a single attack of *Roesleria hypogea* on vine, only two parasites were encountered : the honey fungus (*Armillariella mellea* sensu stricto = species « D » according to Korhonen) and the white root-rot fungus (*Rosellinia necatrix* (Hart.) Berl.).

Armillariella is by far the more common on vine, peach, almond and apricots. It is a serious problem in the « Côtes-du-Rhône » vineyards and in the peach and apricots crops of Southern France. On the contrary, *Rosellinia* is the more frequent on apple, lavender, jasmine, carnation and all the fleshy flower plants. It sometimes causes important damage in apple orchards.

On rose, cherry, fig and olive, both fungi are encountered. In two cases (on a fig-tree and on an olive-tree), *Armillariella* and *Rosellinia* were found together, attacking the same plant.

The symptoms due to both fungi on several hosts are described. The symptoms on the foliage do not differ but the two parasites are generally easily distinguished by the appearance of aggregated mycelium inside the roots and collar.

I. INTRODUCTION

On désigne sous le nom de « pourridiés » un groupe de maladies provoquées par des champignons telluriques qui attaquent les racines et le collet de plantes vivaces (le plus souvent ligneuses), provoquant une destruction de l'écorce et du bois qui se traduit à terme par le dépérissement ou le flétrissement du végétal.

Les pourridiés peuvent être provoqués par des champignons appartenant à des groupes très éloignés du point de vue taxonomique. Sous climat tropical, les espèces à pourridiés sont assez nombreuses. Sous climat tempéré, la liste est

beaucoup plus brève : si l'on exclut les pourridiés des arbres forestiers, qui peuvent être dus à des Polyporacées ou à *Rhizina inflata*, seules 2 espèces jouent un rôle important :

— l'armillaire, *Armillariella mellea* (Vahl) Karst., Basidiomycète responsable du « pourridié-agaric » ;

— le *Rosellinia*, *Rosellinia necatrix* (Hart.) Berl., Ascomycète provoquant le « pourridié blanc » ou « pourridié laineux ».

Le cycle infectieux de l'armillaire a fait l'objet d'une mise au point récente de RYKOWSKI (1978). Les rhizomorphes cylindriques de type « *subterranea* », initiés à partir du

mycélium contenu dans le bois mort, jouent un rôle essentiel dans la pénétration et l'infection des racines. Toutefois on sait, depuis ZELLER (1926), que l'infection peut également résulter du simple contact entre racine saine et bois mort colonisé, ce mode d'infection « atypique » pourrait localement jouer un rôle important (SWIFT 1968).

THOMAS (1934) avait le premier prouvé que l'armillaire est un parasite primaire capable de pénétrer dans les racines en l'absence de blessures. GUILLAUMIN & PIERSON (1976) ont montré que les blessures pouvaient même jouer un rôle inhibiteur vis-à-vis de l'infection de par les processus cicatriciels qu'elles déclenchent.

Par ailleurs, les investigations récentes confirment que le rôle épidémiologique des basidiospores est très limité. Toutefois, RISHBETH (1964, 1978) a montré que, dans des cas assez rares, les basidiospores pouvaient, en infectant des souches coupées, être à l'origine de nouveaux foyers, en particulier dans des plantations de 1^{re} génération.

Une étape capitale dans la compréhension de la biologie de ce parasite a été franchie lorsqu'en 1973, HINTIKKA a pu démontrer le caractère homothallique et tétrapolaire de l'armillaire. A partir de ce résultat, l'étude de la compatibilité sexuelle a permis de subdiviser l'espèce *A. mellea* en taxa sexuellement incompatibles, travail effectué par KORHONEN (1978) pour les isolats européens, par ANDERSON & ULLRICH (1979) aux Etats-Unis. Il faut désormais considérer *Armillariella mellea* comme une espèce collective comportant, en Europe, au moins 5 espèces linnéennes qui diffèrent entre elles aussi bien par leur spectre d'hôtes que par leur écologie (LUNG, 1978 ; GUILLAUMIN & BERTHÉLAY, 1981).

Quant à *Rosellinia necatrix* (Hart.) Berl., sa biologie comporte encore bien des points obscurs, notamment en ce qui concerne la dissémination et la conservation du champignon. On sait que l'espèce est extrêmement polyphage et qu'elle attaque non seulement des plantes ligneuses, mais aussi nombre d'espèces à bulbes et à rhizomes (VIENNOT-BOURGIN, 1949).

L'infection a été décrite par SAKURAI (1952) sur une plante ligneuse, le mûrier et par MANTELL & WHEELER (1973) sur une espèce charnue, le narcisse. Ces auteurs s'accordent pour considérer que l'infection s'effectue « en masse », grâce à la formation d'un « coussinet d'infection » à structure plus ou moins agrégée.

Des travaux sur l'écologie du parasite, assez peu nombreux (AGARWALA & SHARMA, 1966, 1975 ; LANSADE, 1954 ; ARAKI, 1967), on peut retenir la grande importance de la nature du sol, de son humidité, et également de la présence de matière organique peu décomposée.

En France, les 2 espèces ont souvent, au stade mycélien, fait l'objet de confusions. Selon les époques, les chercheurs ont mis l'accent sur l'un ou sur l'autre des 2 agents de pourridié : à la fin du siècle dernier, VIALA (1891) considérait que *Dematophora necatrix* (forme conidienne du *Rosellinia*) jouait le rôle essentiel. Par contre, dans les années 1920-1950, la plupart des auteurs ont eu tendance à « oublier » le pourridié laineux et à attribuer à l'armillaire tous les cas observés (ex. GARD 1927).

Les travaux récents (d'ailleurs assez nombreux) qui ont été consacrés à ces 2 espèces par les auteurs français, ont consisté surtout en des études morphogénétiques (MORQUER & HUBERT 1969, 1960 ; JACQUES-FELIX 1967, 1968 ; GUILLAUMIN, 1968 ; MAKAMBILA, 1978) ou en des recherches sur les antagonistes de l'armillaire (MORQUER *et al.*, 1967 ; MORQUER & TOUVET, 1972 ; CAYROL *et al.*, 1978 ; DUBOS *et al.*, 1978). Les études de GUILLAUMIN &

LEPRINCE (1979), GUILLAUMIN & DUBOS (1979) portant sur l'écologie des rhizomorphes de l'armillaire et leur rôle dans l'infection ont été effectuées en conditions expérimentales. Le comportement des pourridiés dans les conditions naturelles a fait l'objet de très peu de publications, si l'on excepte un bref article de BULIT (1957) et une revue bibliographique de DUQUESNE *et al.* (1974).

A partir de quelque 260 cas de pourridiés observés sur vigne, arbres fruitiers et cultures ornementales, nous nous proposons de faire le point sur le comportement actuel des 2 agents de pourridié dans notre pays. Le présent article est consacré au rôle respectif de l'armillaire et du *Rosellinia* selon les hôtes, ainsi qu'à leur symptomatologie. Il devrait être suivi d'une seconde publication portant sur l'épidémiologie et l'écologie des 2 parasites.

II. CADRE DE L'ÉTUDE

Les observations rapportées ici ont été effectuées par le service de détermination de la Station de Pathologie végétale (I.N.R.A.) d'Antibes et par les Stations de Pathologie végétale (I.N.R.A.) de Clermont-Ferrand et de Bordeaux. Pour la station d'Antibes, les observations s'étendent sur la période 1951-1980. La prospection entreprise par les stations de Clermont-Ferrand et Bordeaux a débuté en 1969.

Nous avons laissé de côté le problème des pourridiés des arbres forestiers, pour lesquels nous disposons de données trop fragmentaires.

Notre étude porte sur :

- la vigne (47 cas de pourridiés répertoriés) ;
- les arbres fruitiers (115 cas) ;
- les cultures florales, plantes ornementales et plantes à parfums (98 cas).

Les figures 1 et 2 permettent la localisation des cas observés sur vigne et sur arbres fruitiers : on voit que notre étude concerne surtout la France du sud ; les observations sont particulièrement nombreuses dans la vallée du Rhône et sur la façade méditerranéenne.

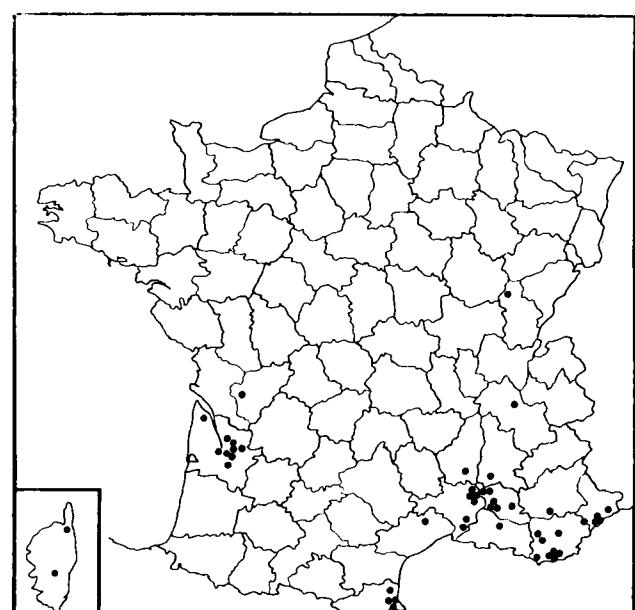


Figure 1

Vigne : Localisation des stations étudiées.

On vine : Geographical location of the attacks.

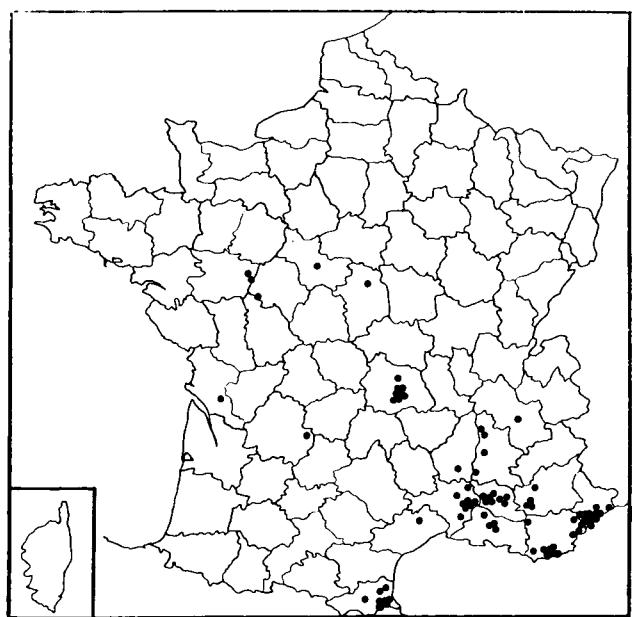


Figure 2

Arbres fruitiers : Localisation des stations étudiées.
On orchard trees : Geographical location of the attacks.

Quant aux 98 cas de pourridiés répertoriés sur plantes florales et ornementales, ils ont été, dans leur quasi-totalité, signalés par la station d'Antibes et concernent presque exclusivement les 2 départements des Alpes-Maritimes et du Var.

III. IMPORTANCE RELATIVE DES DEUX AGENTS DE POURRIDIÉ

A. Chez la vigne

L'armillaire est l'agent le plus fréquemment rencontré ; les 47 cas de pourridié que nous avons répertoriés étaient imputables :

- à l'armillaire, dans 43 cas ;
- à *Rosellinia necatrix*, dans 3 cas ;
- à *Roesleria hypogea* Thüm. et Pass., dans 1 cas.

Dans les 3 cas de *Rosellinia*, il s'agissait d'attaques d'importance limitée ne concernant que quelques pieds : par exemple, dans l'Hérault, un vignoble situé au milieu d'une pépinière de pommiers subissant une attaque de *Rosellinia* très importante, montrait seulement 3 pieds porteurs de *Rosellinia*. *A contrario*, on peut citer plusieurs exemples de vignobles situés à proximité immédiate d'un foyer de *Rosellinia* et cependant non contaminés par ce champignon : dans les Pyrénées-Orientales, un vignoble entouré d'une haie de peupliers très attaqués par le *Rosellinia*, était indemne de ce parasite (mais attaqué par l'armillaire).

Ce dernier champignon occasionne parfois des mortalités très importantes. Le vignoble le plus attaqué, en France, par cet agent de pourridié, est certainement celui des Côtes-du-Rhône, en particulier les terrasses villafranchiennes des deux rives du Rhône (départements du Gard et du Vaucluse) où l'on a pu observer, dans certains cas, des mortalités supérieures à 50 p. 100. Des taux supérieurs à 20 p. 100 ont été notés dans d'autres régions (Gironde, ex. : fig. 3, Pyrénées-Orientales).

Le *Roesleria hypogea* n'a été trouvé qu'une fois, dans un vignoble de la région de Dole (Jura). Ce cas, signalé et étudié par C. DELATOUR (I.N.R.A., Nancy) est d'ailleurs le seul (sur un total de 260, toutes espèces confondues) où l'on ait détecté un autre parasite que l'*Armillariella* ou le *Rosellinia*. Il s'agissait d'une attaque assez importante (44 pieds morts en 1977).

B. Chez les espèces fruitières

Les espèces fruitières semblent pouvoir être réparties en 3 groupes en fonction de leur comportement vis-à-vis des 2 champignons (tabl. 1) :

1. Espèces plus attaquées par le *Rosellinia*

Sur le pommier, le *Rosellinia* est de loin l'espèce la plus fréquemment rencontrée (30 cas contre 7). C'est aussi l'espèce dont les attaques sont les plus graves sur cet hôte. Il n'est pas exagéré de considérer le « pourridié blanc » à *Rosellinia* comme l'un des problèmes phytopathologiques majeurs sur le pommier dans certaines régions de France (Bas-Rhône, Limagne, Val de Loire). Ce champignon attaque les pommiers aussi bien jeunes qu'adultes, en



Figure 3

Tache à pourridié (*Armillariella*) sur vigne (Médoc).
Armillariella : a patch of missing plants in a vineyard (Medoc).

TABLEAU 1

Présence des deux champignons à pourridié sur les espèces fruitières
Occurrence of the two fungi on orchard trees

ESPÈCES - HÔTES	Nombre de cas avec <i>Armillariella</i>	Nombre de cas avec <i>Rosellinia</i>	TOTAL
Pommier	7	30	37
Poirier	1	4	5
Pêcher (et nectarine)	20	1	21
Amandier	4	0	4
Abricotier	7	3	10
Cerisier	10	8	18
Noyer	4	0	4
Figuier	2	3	5
Olivier	4	2	6
Néflier du Japon (<i>Eriobotrya japonica</i>)	1	0	1
Caroubier (<i>Ceratonia siliqua</i>)	1	0	1
Fraisier	0	2	2
Framboisier	0	1	1
TOTAL	61	54	115

pépinière comme en verger. Des taux de mortalité atteignant 40 p. 100 ont été notés en verger sur certaines parcelles dans le Maine-et-Loire et le Puy-de-Dôme. Dans d'autres cas (Charente-Maritime, Hérault, Puy-de-Dôme), les taux de mortalité se situent entre 10 et 20 p. 100.

En vergers de pommiers, l'armillaire se manifeste généralement par de petits foyers situés à l'emplacement d'anciens arbres et s'étendant peu. Sur 7 cas enregistrés, un seul (dans le Maine-et-Loire) présentait une réelle gravité, avec quelque 10 p. 100 de mortalité sur la parcelle.

Dans l'Indre-et-Loire, nous avons pu observer un verger où les 2 agents de pourridié coexistaient ; dans ce cas, les taches dues au *Rosellinia* apparaissaient à la fois plus nombreuses et d'extension plus rapide que celles dues à l'armillaire.

Le poirier est rarement attaqué par le *Rosellinia*, mais plus rarement encore par l'armillaire (1 seul cas enregistré). Nous n'avons à ce jour observé sur poirier aucune attaque de pourridié qui puisse être considérée comme économiquement importante. Les auteurs « classiques » tels THOMAS (1934) considèrent que le « french pear » sur ses propres racines présente un niveau élevé de résistance à l'*Armillariella*.

2. Espèces plus attaquées par l'Armillaire

Le pêcher, l'amandier et l'abricotier présentent une sensibilité particulière à l'*Armillariella*, attestée par plusieurs auteurs (THOMAS *et al.*, 1948 ; DUQUESNE *et al.*, 1974 ; GUILLAUMIN, 1977). Sur le pêcher, nous avons pu enregistrer des taux de mortalité voisins de 65 p. 100 dans l'Ardèche, de 30 à 40 p. 100 dans le Gard et les Pyrénées-Orientales, de 20 p. 100 dans la Drôme. Sur l'abricotier, la mortalité dépassait 85 p. 100 pour les arbres greffés sur porte-greffes pêcher et abricotier à Domazan dans le Gard (verger dont l'évolution a déjà été décrite par DUQUESNE *et al.* en 1974). Mais en dehors de ce cas extrême, on a pu noter des taux de mortalité de l'ordre de 20 à 30 p. 100 dans la Drôme et les Bouches-du-Rhône. Enfin, sur l'amandier, en 1980, on notait déjà un taux de mortalité de 12 p. 100 sur une parcelle d'amandiers de 6 ans (dans le Gard).

En revanche, le pêcher et l'amandier semblent manifester une résistance au champ considérable à l'égard du *Rosellinia*.

Nous n'avons pas rencontré ce champignon sur amandier. Sur pêcher, la présence du pourridié laineux a été détectée sur une seule plante dans un verger ayant subi un traitement au bromure de méthyle dirigé contre l'armillaire.

Sur abricotier, le *Rosellinia* a été rencontré 3 fois, mais il semblait alors se comporter comme un parasite de faiblesse assez marginal. L'examen en détail de certaines situations particulières confirme la faible agressivité du *Rosellinia* vis-à-vis de cet hôte :

a) dans le Puy-de-Dôme, dans un verger familial, une tache de *Rosellinia* a détruit plusieurs pommiers et poiriers. Un abricotier situé au centre de la tache a survécu pendant plusieurs années, l'infection de ses racines par le *Rosellinia* n'a eu lieu qu'après que la partie aérienne ait été en grande partie détruite par des chancres à *Eutypa* ;

b) dans le Var, sur un verger mixte situé dans une cuvette et comportant 3 espèces (figuiers, pêchers et abricotiers), on observe à la fois des conditions d'asphyxie racinaire et la présence de *Rosellinia*. Les 3 espèces dépérissent, mais dans le cas des figuiers, le mycélium du *Rosellinia* est présent dans les racines et au collet, alors que les systèmes racinaires des pêchers et des abricotiers sont exempts de *Rosellinia* (le dépérissement de ces 2 espèces étant dans ce cas probablement dû à la seule asphyxie racinaire).

Le noyer semble pouvoir être également classé dans ce groupe 2. Le *Rosellinia* n'a pas été rencontré sur cet hôte. Quatre cas d'armillaire ont pu être observés ; dans les 4 cas, il s'agissait d'arbres âgés, mais les résultats d'inoculations artificielles montrent que les jeunes noyers manifestent également une sensibilité assez élevée à l'*Armillariella* (GUILLAUMIN & RYKOWSKI, 1980).

3. Espèces attaquées par les 2 champignons avec des fréquences comparables

Dans ce groupe, nous pouvons placer le cerisier et peut-être le figuier et l'olivier pour lesquels nous disposons d'un nombre d'observations plus faible.

En fait, sur cerisier, les cas graves de pourridié sont le plus souvent le fait du *Rosellinia*. Bien que les vieux cerisiers soient assez souvent attaqués par l'armillaire, il s'agit presque toujours d'attaques isolées, qui n'évoluent pas en taches de grande surface. Le *Rosellinia* semble s'étendre beaucoup plus rapidement ; dans 2 cas (Var et Vaucluse), où nous avons noté des mortalités de l'ordre de 20 à 30 p. 100 en vergers de cerisiers, c'est le *Rosellinia* qui était l'agent responsable.

La situation semble comparable pour le figuier : dans la basse vallée du Gapeau (Var), on peut trouver des cas ponctuels d'attaques d'armillaire sur figuier, mais les dégâts les plus importants sont le fait du *Rosellinia*. Dans cette région (Solliès-Pont), nous avons pu observer un figuier attaqué conjointement par les 2 espèces, qui ont pu l'une et l'autre être isolées. La même situation a été rencontrée sur un jeune olivier dans une pépinière des Alpes-Maritimes : dans ce cas, l'attaque par le *Rosellinia* s'était produite au niveau du collet, l'infection par l'armillaire à 25 cm de profondeur environ.

Nous n'avons enregistré aucun cas de pourridié sur prunier ; cette absence n'est probablement pas due au hasard. Bien que le problème des porte-greffes n'entre pas dans le cadre du présent article, signalons que chez le pêcher et l'abricotier, nous n'avons pas observé d'attaques de pourridié sur des arbres greffés sur prunier (*Prunus domestica* L. ou *Prunus cerasifera* L.).

C. Chez les cultures florales, ornementales et à parfum

Les données rassemblées ici (tabl. 2), collectées par la Station de Phytopathologie d'Antibes, ne concernent que la Côte d'Azur, ce qui rend hasardeuse leur extrapolation aux autres régions de cultures florales françaises.

En ce qui concerne les espèces ligneuses, parmi les plus importantes économiquement figurent le rosier (de serre, à jardin, à parfum), la lavande et le jasmin. Sur le rosier, les 2 agents de pourridiés se manifestent avec une fréquence et une agressivité comparables. Par contre, sur lavande et jasmin, on ne rencontre que *Rosellinia* et jasmin. Le peu de cas soumis à examen au cours des 3 dernières décennies ne reflète certainement pas la réelle importance économique de la maladie sur ces cultures : il s'agit en effet d'une maladie anciennement connue des agriculteurs, qui jugent inutile de soumettre ses dégâts au laboratoire pour identification.

Parmi les ligneux, figurant au tableau 2, une place à part doit être faite à ceux qui, tels : troène, pyracantha, laurier-rose, cyprès, romarin, cotoneaster, peuvent être conduits en haies décoratives. Les mortalités successives constituent une gêne certaine dans l'établissement de haies homogènes.

Sur plantes non ligneuses ou charnues on ne rencontre que *Rosellinia*. La seule exception, assez inattendue, est apportée par le *Strelitzia*, les 4 cas signalés sur cet hôte étant imputables à *Armillariella*.

En cultures industrielles de violettes, pivoines, narcisses, hellébores, le *Rosellinia* pose parfois quelques problèmes, son élimination est rendue aléatoire du fait de la multiplication végétative de ces végétaux, au cours de laquelle il se trouve propagé.

Sur plantes de potée : cyclamen, chrysanthème, *Ficus*, géranium, etc... le substrat de rempotage constitué de

TABLEAU 2

Présence des deux champignons à pourridiés sur plantes florales et ornementales

Occurrence of the two fungi on flowers and ornamentals

	Armillariella	Rosellinia	TOTAL
I. PLANTES LIGNEUSES			
Rosier	19	11	30
Jasmin	0	6	6
Lavande	0	3	3
Mimosa	3	1	4
(<i>Acacia dealbata</i> et <i>floribunda</i>)			
Laurier-rose	3	0	3
Pyracantha	2	1	3
Cyprès (sp.)	8	0	8
Eucalyptus (sp.)	5	0	5
Espèces ligneuses diverses	13	0	13
TOTAL PLANTES LIGNEUSES	40	22	62
II. PLANTES FLORALES NON LIGNEUSES			
Œillet	0	17	17
Violette	0	4	4
Strelitzia	4	0	4
Géranium	0	2	2
Pivoine	0	2	2
Narcisse Tazetta	0	2	2
Espèces non ligneuses diverses	1	4	5
TOTAL PLANTES NON LIGNEUSES	5	31	36

terreaux de forêt est à l'origine de l'infection, les dégâts étant sporadiques et peu importants en général.

Enfin, les très nombreux cas de pourridié laineux sur œillets niçois et américains de serre sont toujours observés en 1^{re} année de culture sur défriches de maquis. Les foyers parfois étendus sont rapidement éliminés dès le 2^e cycle de cette culture annuelle toujours précédé d'une désinfection du sol rendue possible par la faible épaisseur de substrat concernée.

IV. SYMPTÔMES DES MALADIES À POURRIDIÉS

A. Au niveau de la partie aérienne

L'infection du système racinaire par les champignons à pourridié peut se traduire, au niveau du système aérien :

- soit par un *dépérissement* (évolution lente et progressive) ;
- soit par une *apoplexie* (flétrissement brutal survenant pendant une période critique).

1. *Le dépérissement*

Dans l'état actuel de nos connaissances, il ne nous est pas possible de distinguer, uniquement par l'aspect de la partie aérienne, les attaques dues à *Armillariella* de celles qui sont dues au *Rosellinia* ; l'examen du système racinaire est indispensable. La distinction des symptômes liés aux 2 champignons est d'ailleurs rendue difficile par le fait que, comme on l'a vu au paragraphe précédent, la plupart des espèces-hôtes sont attaquées préférentiellement soit par l'armillaire (vigne, pêcher, amandier, abricotier) soit par le *Rosellinia* (arbres à pépins). Seuls peut-être le cerisier et le rosier se prêteraient à une étude de symptomatologie comparée.

Le feuillage des végétaux ligneux atteints par un agent de pourridié présente les symptômes suivants, qui correspondent, en partie, à une succession chronologique :

a) une coloration des feuilles plus pâle et plus jaune (ce caractère se manifeste sur tous les hôtes) ;

b) une moindre turgescence des tissus (feuilles partiellement pendantes). Cette manifestation est particulièrement nette chez le cerisier et l'amandier ;

c) un ralentissement de la croissance, des rameaux court-noués et des feuilles plus petites que la normale : ces symptômes sont fréquents sur la vigne attaquée par l'armillaire, ils se manifestent également sur pommiers atteints par *Rosellinia* ;

d) la chute prématuée des feuilles à l'automne. Chez la vigne, cette chute peut être précédée d'une coloration anormale des feuilles, variable selon les cépages : généralement rouge sur les cépages rouges (ex. : Carignan), jaune sur les cépages blancs (ex. : Maccabeu).

Ces symptômes sont donc peu spécifiques et traduisent seulement un déficit de la partie aérienne en eau et en éléments minéraux. On peut confondre les attaques de pourridiés avec l'action d'autres causes pathogènes :

- soit abiotiques (sécheresse, asphyxie racinaire) ;
- soit biotiques (insectes lignivores : scolytes, Cossus..., court-noué, eutypiose et même esca sur vigne, *Phytophthora cinnamomi* sur noyer, *Phytophthora cactorum* sur pommier, viroses et mycoplasmoses diverses).

La distinction avec les manifestations de l'asphyxie racinaire est d'autant plus délicate qu'il existe fréquemment une synergie entre les 2 causes pathogènes. Signalons toutefois un cas où la présence d'une tache d'armillaire et d'une tache d'asphyxie racinaire en 2 points distincts d'une même parcelle d'amandiers a permis de comparer les symptômes sur le feuillage, qui nous sont apparus assez différents : les arbres souffrant d'asphyxie portaient des feuilles petites, rouges, ne tombant pas prématurément. Les arbres atteints par le pourridié-agaric montraient des feuilles vert pâle à jaunâtre, de dimensions normales, et des rameaux ayant tendance à se dégarnir prématurément à l'automne.

2. *L'apoplexie*

Ce flétrissement brutal de la plante entière se produit surtout pendant les périodes où existe un déséquilibre hydrique pour des raisons soit météorologiques (sécheresse), soit physiologiques : les hôtes meurent fréquemment au moment de la maturation des fruits, la mortalité surveillant donc en général plus tard en saison pour la vigne que pour les arbres à noyau, par exemple.

Un stade intermédiaire entre dépérissement et apoplexie consiste en la mort de charpentières entières, le reste du feuillage restant quelquefois parfaitement normal. Ce symptôme, qui traduit alors le caractère asymétrique des attaques sur le système racinaire, est fréquent sur les espèces fruitières. Chez l'abricotier notamment, on peut le confondre, à première vue, avec la conséquence ultime de lésions chancrées de nature bactérienne ou fongique.

B. Au niveau du système racinaire et du collet

Les 2 champignons sont, dans la majorité des cas, aisément discernables par leurs symptômes sur le système racinaire.

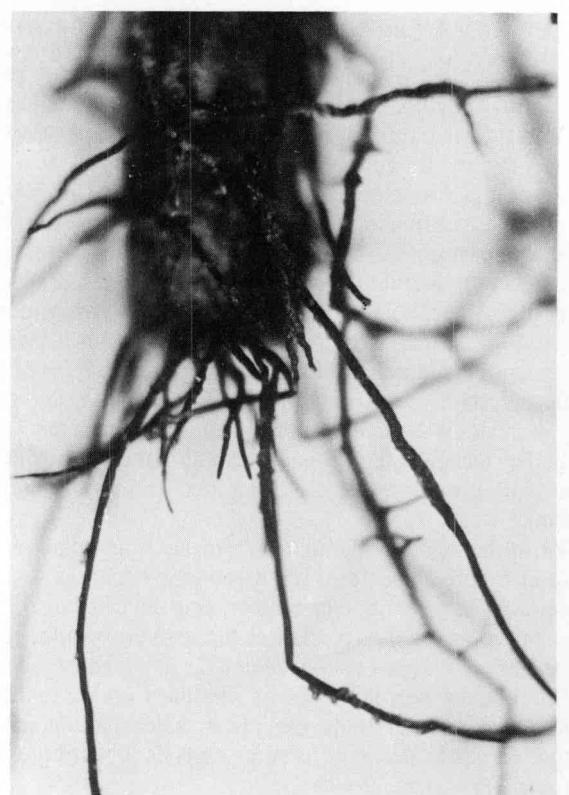


Figure 5

Armillariella : rhizomorphes « subterranea » émis à partir d'un fragment ligneux.

Armillariella : growth of rhizomorphs « subterranea » initiated by a piece of wood inoculum.

1. *A l'extérieur de la racine*

La présence du *Rosellinia* se traduit le plus souvent par la présence de toiles mycéliennes externes à la racine (fig. 4). Ces toiles tapissent la surface de la racine ou du collet et s'accroissent par leur périphérie. Le mycélium périphérique en croissance est blanc, mais le mycélium plus âgé prend une teinte gris souris et son aspect a pu être comparé à celui d'une toile d'araignée. L'écorce, intacte sous les zones où le mycélium est blanc, présente les plages nécrosées sous le mycélium gris. L'examen au microscope du mycélium, blanc ou gris, montre les articles en ampoules caractéristiques des *Rosellinia* du groupe *necatrix/quercina*.

Les toiles mycéliennes externes peuvent faire défaut si le sol est très sec ou l'attaque ancienne. Elles sont alors remplacées par des stromas noirâtres, assez discrets, occupant les craquelures de l'écorce.

Le *Rosellinia* peut également se manifester sous la forme de cordons mycéliens blancs à structure lâche, pouvant apparaître comme des prolongements, sous une forme plus agrégée, du mycélium de la périphérie des toiles ; on les rencontre notamment au voisinage du collet. Avec l'âge, ils prennent l'aspect de mèches grises, qui ont fait donner son nom au pourridié laineux.

Lorsque c'est l'*Armillariella* qui est impliqué, on note fréquemment la présence de rhizomorphes cylindriques, de type « *subterranea* » rampant à la surface de la racine. Ces organes peuvent également être observés assez loin des racines, notamment au contact des cailloux, des piquets ou des résidus ligneux (fig. 5). Leur couleur est noire pour les parties les plus anciennes, acajou pour les parties les plus jeunes, en état de croissance active.

Par ailleurs, sur toutes les espèces du genre *Prunus*, les

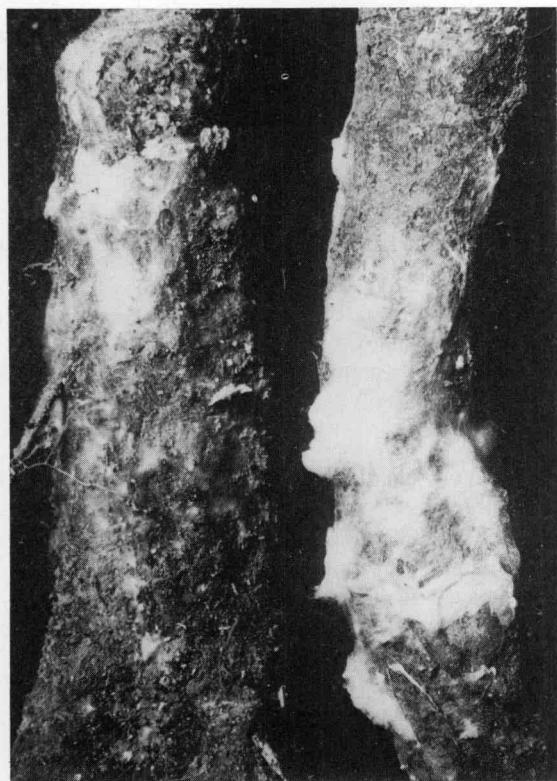


Figure 4

Rosellinia : mycélium externe sur racines de figuier.

Rosellinia : mycelium around the roots of a fig-tree.



Figure 6

Rosellinia : palmettes corticales sur pommier.

Rosellinia : mycelial fans in the cortex of an apple-tree.

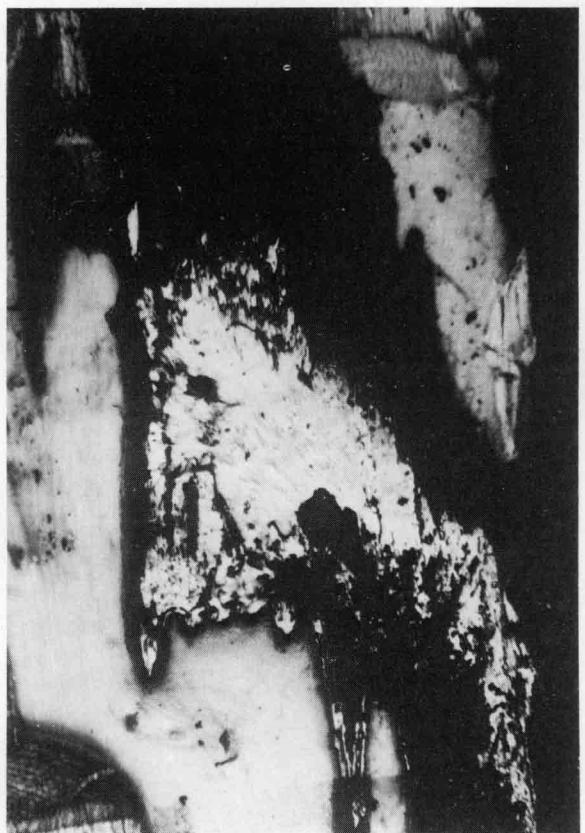


Figure 7

Armillariella : palmettes sous-corticales et réaction d'oxydation périphérique sur noyer adulte (*Juglans regia*).Armillariella : subcortical fans and discoloration around the attack, on an adult walnut (*Juglans regia*).

attaques de pourridiés entraînent généralement d'abondantes excrétions de gommes au niveau du collet ; l'armillaire provoque ce phénomène sur tous les arbres à noyau, le *Rosellinia* sur le cerisier, seule espèce du genre *Prunus* qui soit fréquemment attaquée par ce champignon.

2. A l'intérieur de la racine : écorce et cambium

Les 2 champignons constituent des palmettes blanches. Mais la morphologie de ces organes est bien différente selon l'espèce qui les initie.

Les palmettes formées par le *Rosellinia* sont minces, peu étendues, souvent composées de cordons étroits ramifiés en main ou en éventail (fig. 6). Dans l'épaisseur de l'écorce (ce terme étant pris au sens d'écorce *sensu stricto* plus liber), elles constituent une sorte de « persillé » discontinu. Au niveau du cambium, elles peuvent être plus étendues, mais ne constituent jamais des manchons mycéliens continus autour de la racine ou du collet. Ces palmettes ne se rencontrent pas dans le bois. Elles ne remontent guère au-dessus du niveau du collet, même après la mort de l'arbre.

Les palmettes initiées par l'armillaire sont épaisses (chez les *Prunus*, elles présentent la texture d'un parchemin aisément détachable) et continues (fig. 7). Elles prennent un développement particulièrement important dans les zones de faiblesse mécanique de la plante :

— au niveau du cambium, elles constituent fréquemment un manchon mycélien continu enserrant racine ou collet, surtout chez les espèces les plus sensibles (fig. 8).

— la zone de transition entre liège et parenchyme cortical peut constituer un second niveau d'agrégation

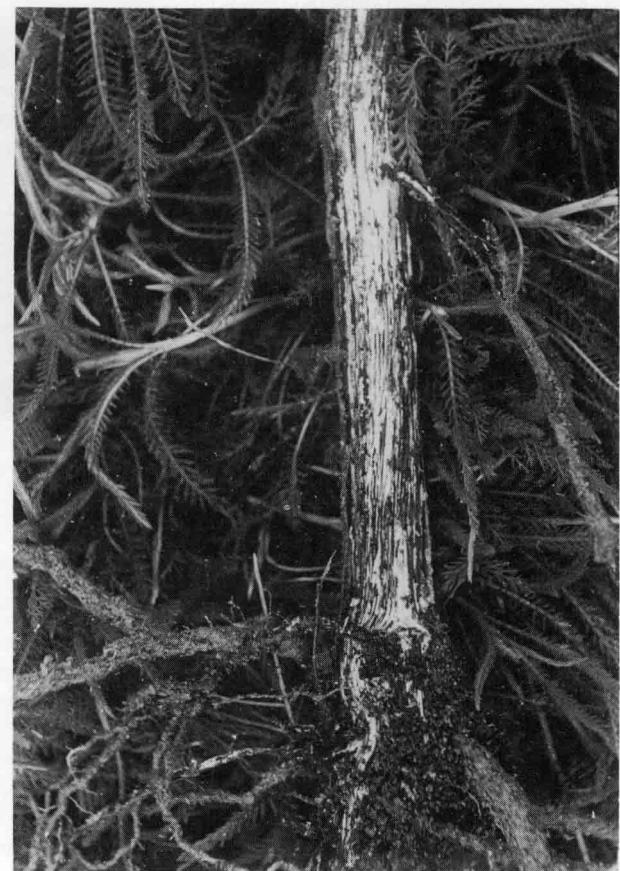


Figure 8

Palmettes sous-corticales d'armillaire sur vigne.

Armillariella : subcortical fans on a vine.

(également chez le pêcher et l'abricotier) : une décortication minutieuse du collet permet alors de mettre en évidence 2 cylindres concentriques de palmettes, nettement distincts ;

— enfin, chez le jeune noyer, la moelle du bois, assez tendre, constitue également une zone de faiblesse qui en fait un site privilégié pour l'agrégation et la croissance des palmettes.

Les palmettes de l'armillaire, présentes dans le cambium, peuvent remonter dans le tronc à plusieurs décimètres au-dessus du collet sur l'arbre vivant, à plusieurs mètres après la mort de l'arbre.

3. Dans le bois de la racine

Les études de RYKOWSKI (1974) ont montré que l'armillaire envahit le bois sous forme d'hyphes indifférenciés cheminant dans la lumière des vaisseaux. On observe parfois également du mycélium agrégé, notamment au niveau des cordons médullaires.

Le bois envahi par le mycélium montre une double évolution :

a) il subit une pourriture qui peut être spongieuse (cas de la vigne et du noyer) ou fibreuse et sèche (cas des arbres forestiers feuillus). Le symptôme de pourriture spongieuse est à l'origine du terme de « pourridié » ;

b) dans le bois apparaissent ce que les Anglo-saxons appellent des « black-lines » : ce terme désigne des lignes minces et sinuées correspondant à l'aspect, en coupe, de surfaces fermées constituées d'articles mycéliens morts continus, à parois mélanisées, obstruant les vaisseaux du xylène. LOPEZ-REAL & SWIFT (1975) ont étudié le déterminisme de l'apparition de ces organes, qui peuvent être initiés par de nombreuses espèces de Basidiomycètes.

Les « black-lines » sont généralement bien représentées sur les vieux pêchers et cerisiers attaqués par l'armillaire. La constitution de ces surfaces fermées imperméables a pour effet de compartimenter la masse du bois en un certain nombre de volumes qui évoluent ensuite indépendamment les uns des autres : tous les degrés de la pourriture fibreuse peuvent se rencontrer dans des compartiments voisins. Cette évolution débute dans le bois des arbres encore vivants et se poursuit après la mort de l'arbre.

L'aptitude du mycélium de *Rosellinia* à coloniser le bois est un problème encore non résolu. Sur des souches de pommier dont l'écorce était détruite par le *Rosellinia* depuis 2 ou 3 ans, la dureté du bois n'apparaissait pas sensiblement modifiée. Les black-lines, que le *Rosellinia* constitue également, semblent limitées à la zone corticale. Par ailleurs, les tentatives de réisolement du champignon à partir du bois échouent le plus souvent.

C. Méthodes d'isolement et distinction des deux champignons *in vitro*

A partir de fragments d'écorce, le *Rosellinia* peut être facilement isolé sur des milieux usuels assez pauvres. Nous utilisons le plus souvent un milieu gélosé contenant, pour 1 l, le jus de cuisson de 5 prunaux.

Sur ce type de milieu, l'*Armillariella* est difficile à isoler. Pour obtenir le mycélium de cette espèce, nous faisons appel à un milieu sélectif contenant au litre 20 g de malt, 250 µg de lactate de thiabendazole, 100 µg de pénicilline et 100 µg de streptomycine. Ce milieu permet d'éliminer la plupart des Ascomycètes et Adéromycètes (il ne convient pas à l'isolement du *Rosellinia*).

Dans ces conditions, l'armillaire peut être obtenu en

culture pure à partir de l'écorce, du bois, de la chair des carpophores et même de la *medulla* des rhizomorphes souterrains.

Dans le cas où l'observation des palmettes dans la racine laisse subsister un doute quant à l'identité de l'agent pathogène, nous effectuons donc les isolements en parallèle sur les 2 milieux.

La morphologie des 2 espèces en culture pure est très différente. Le *Rosellinia* n'initie des rhizomorphes que sur les milieux comportant des fragments ligneux (MAKAMBILA 1976). Sur les milieux usuels, ce champignon apparaît sous la forme d'un mycélium laineux à croissance rapide, d'abord blanc, puis devenant gris après 1 mois de culture, et enfin noir. Les espèces *R. necatrix* et *R. quercina* (espèce forestière) présentent des morphologies très voisines. Toutes deux montrent des articles en ampoule sur le mycélium aérien. Elles sont l'une et l'autre capables d'initier des rhizomorphes au contact de fragments ligneux.

La morphologie d'*A. mellea* en culture pure est caractéristique. Sur milieu à base de malt (2 p. 100) les rhizomorphes sont initiés après 6 à 8 j à 22 °C. Pour l'espèce « *mellea sensu stricto* », ils sont de type « *subcorticalis* » (rubanés et de couleur pâle). Des black-lines (ou « *pseudo-sclérotes* ») apparaissent après 15 à 20 j de culture.

D. Apparition des fructifications

1. Armillaire

Nous avons parfois constaté l'apparition de carpophores à la fin d'octobre ou au début de novembre. Nous ne prendrons en compte que les cas observés à partir de l'année 1973 (date de parution de l'article de ROMAGNESI définissant 4 formes d'armillaire pour la France) et qui sont au nombre de 7. Dans 5 d'entre eux, les carpophores sont apparus sur des végétaux déjà tués par l'armillaire (vigne, pêcher et abricotier). Dans les 2 autres cas, ces fructifications apparaissaient également sur arbres encore vivants (abricotier et *Eugenia*) (fig. 9).

Dans tous les cas, l'espèce d'armillaire impliquée était la forme appelée *mellea sensu stricto* par ROMAGNESI. Il s'agit de l'espèce « D » au sens de KORHONEN (1978).

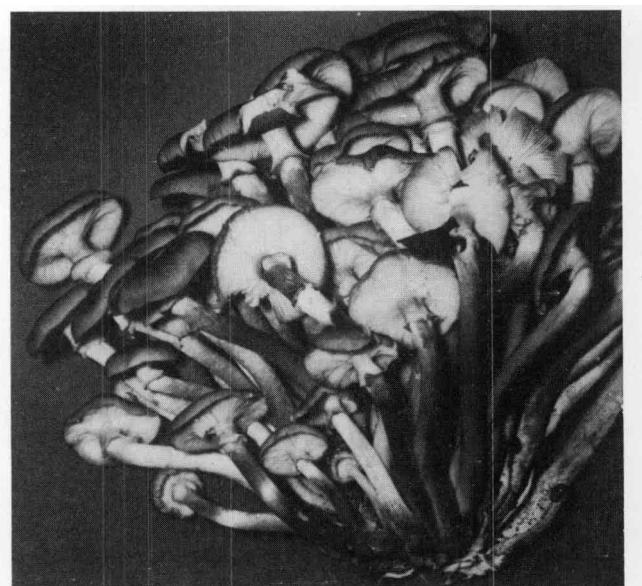


Figure 9

Armillariella : carpophores sur abricotier (espèce *mellea* s. str.).
Armillariella : fructifications on apricots (species « *mellea* s. str. »).

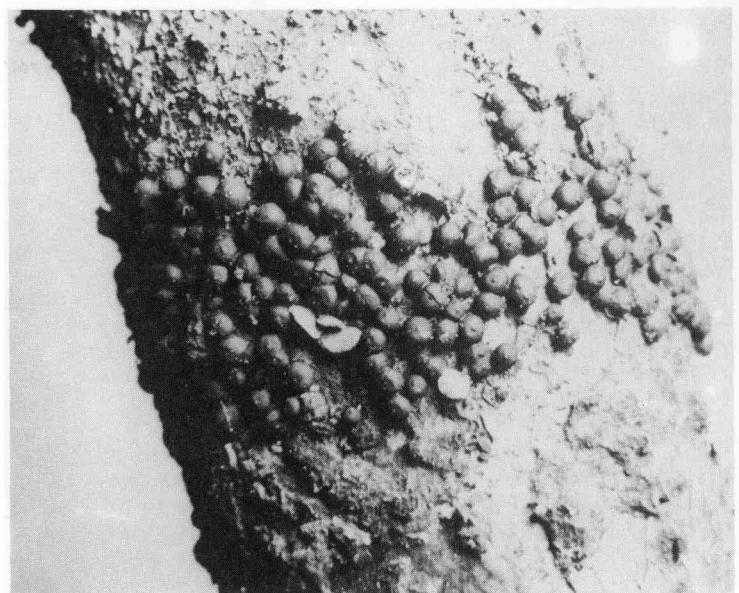


Figure 10
Rosellinia : périthèces sur Crataegus.
Rosellinia : perithecia on Crataegus.

2. Rosellinia

La forme conidienne *Dematophora necatrix* Hart. n'a pas été rencontrée dans la nature. Nous l'obtenons par contre couramment au laboratoire.

Les périthèces ont été rencontrés seulement 2 fois dans la nature, sur jasmin et *Crataegus* dans les Alpes-Maritimes (fig. 10). Dans les 2 cas, il s'agissait de végétaux morts depuis plusieurs années. Les ascospores contenues dans les périthèces développés sur *Crataegus* mesuraient en moyenne $16 \times 6,5 \mu\text{m}$.

V. CONCLUSION

Notre étude nous a permis de mettre en évidence l'importance des affections à pourridiés sur vigne, arbres fruitiers et plantes ornementales, surtout dans la France méridionale. L'*Armillariella* et le *Rosellinia* sont, dans la quasi-totalité des cas, les organismes responsables. Ces deux champignons se distinguent aisément l'un de l'autre par leurs manifestations au niveau du système racinaire, sinon par les symptômes visibles sur la partie aérienne.

Une spécialisation assez nette apparaît entre les deux

agents pathogènes, l'armillaire étant la plupart du temps responsable du pourridié de la vigne, du pêcher, de l'amandier, de l'abricotier, du noyer, tandis que le *Rosellinia* est le parasite le plus fréquemment rencontré sur les arbres à pépins, le jasmin et les plantes ornementales non ligneuses. Cette situation est très différente de celle décrite par les auteurs anciens : c'est ainsi qu'ARNAUD (1931) considérait *Rosellinia necatrix* comme le principal pourridié de la vigne, ainsi que comme un parasite assez fréquent du pêcher et de l'amandier. Par contre, sur le pommier son importance semblait moindre que celle de l'armillaire. Nos observations nous amènent à des conclusions opposées. Il est possible qu'en un demi-siècle se soit produite une évolution des potentialités de l'espèce amenant à une modification de la gamme d'hôtes du parasite.

REMERCIEMENTS

Cette étude n'a été possible que grâce à la collaboration de très nombreuses personnes, chercheurs et techniciens de l'I.N.R.A., techniciens agricoles et exploitants, à qui nous tenons à adresser nos remerciements.

Reçu le 16 mars 1981.
Accepté le 1^{er} octobre 1981.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Agarwalla R. K., Sharma V. C., 1966. White root-rot disease of apple in Himachal Pradesh. *Indian Phytopathol.*, **19** (1), 82-86.
- Agarwalla R. K., Sharma V. C., 1975. White root-rot of apple (*Dematophora necatrix*). *Advance in Mycology and Phytopathology*, New Delhi, Harsh Kremaï édit., 205-209.
- Anderson J. B., Ullrich R. C., 1979. Biological species of *Armillaria mellea* in North America. *Mycologia*, **71** (2), 402-414.
- Araki T., 1967. Soil condition and the violet and white root-rot disease of fruit trees. *Bull. natl. Inst. Sci.*, Tokyo 21 Sér. C, 103-115.
- Arnaud G., Arnaud M., 1931. Les pourridiés dus aux Xylariacées. *Traité de Pathologie Végétale*, Paris T. 1, 908-918, Lechevallier édit.
- Bulit J., 1957. Les pourridiés de la vigne et des arbres fruitiers. *Phytoma*, **84** (1), 15-18.
- Cayrol J. C., Dubos B., Guillaumin J. J., 1978. Etudes préliminaires sur le rôle des nématodes mycophages dans les interactions entre *Trichoderma viride* Pers., *T. polysporum* (Link ex Pers.) Rifai et *Armillariella mellea* (Vahl) Karst. *Ann. Phytopathol.*, **10** (2), 177-185.
- Dubos B., Guillaumin J. J., Schubert M., 1978. Action du *Trichoderma viride* apporté avec divers substrats organiques sur l'initiation et la croissance des rhizomorphes d'*Armillariella mellea* (Vahl) Karst. dans deux types de sols. *Ann. Phytopathol.*, **10** (2), 187-196.
- Duquesne J., Gall H., Delmas J. M., 1974. Etude bibliographique du pourridié à armillaire et observations réalisées sur la sensibilité différentielle de quelques porte-greffes de l'abricotier. *Pomol. fr.*, **16** (5), 87-102.
- Gard M., 1927. A propos des « mourios » de l'Aveyron. *Rev. Pathol. vég. Entomol. agr. Fr.*, **14** (1), 24-26.
- Guillaumin J. J., 1968. Divers types de rhizomorphes formés par *Armillaria mellea* (Vahl) Quélet. Influence du milieu de culture. *Soc. Bot. Fr. Mém.*, **115**, 48-54.
- Guillaumin J. J., 1977. Apricot root-rot *Armillariella mellea* (Vahl) Karst. *Bulletin O.E.P.P.*, **7** (1), 125-135.

- Guillaumin J. J., Berthelay S.**, 1981. Détermination spécifique des armillaires par la méthode des groupes de compatibilité sexuelle. *Agronomie*, **1**, 10 (à paraître).
- Guillaumin J. J., Dubos B.**, 1979. Action de divers antagonistes et de différents substrats organiques sur l'initiation et la croissance des rhizomorphes de l'armillaire dans le sol. *Communication Société Fr. Phytopathol.*, Colloque « Réceptivité des sols et substrats aux agents pathogènes », 8 décembre 1978. *Ann. Phytopathol.*, **11** (1), 131.
- Guillaumin J. J., Leprince S.**, 1979. Influence de divers types de matière organique sur l'initiation et la croissance des rhizomorphes d'*Armillariella mellea* dans le sol. *Eur. Jour. For. Pathol.*, **9** (6), 355-366.
- Guillaumin J. J., Pierson J.**, 1977. Inoculation de deux clones de *Prunus mahaleb* par l'armillaire. Influence du greffage et des blessures. *Soc. Fr. Phytopathol.*, 18 mai 1976, *Ann. Phytopathol.*, **9** (4), 533.
- Guillaumin J. J., Rykowski K.**, 1980. « Studium modelowe infekcji *Armillariella mellea* orzechu wloskiego w warunkach kontrolownych » (Etablissement d'un modèle pour l'infection artificielle par *A. mellea* en conditions contrôlées). *Folia Forestal. Polon.*, **A**, **24**, 191-213.
- Hintikka V.**, 1973. A note on the polarity of *Armillariella mellea*. *Karstenia*, **13**, 32-39.
- Jacques-Félix M.**, 1967. Recherches morphologiques, anatomiques, morphogénétiques et physiologiques sur des rhizomorphes de champignons supérieurs et sur le déterminisme de leur formation. 1. Observations sur les agrégats mycéliens dans le milieu naturel. *Bull. Soc. mycol. Fr.*, **83** (1), 5-103.
- Jacques-Félix M.**, 1968. Recherches morphologiques, anatomiques, morphogénétiques et physiologiques sur des rhizomorphes de champignons supérieurs et sur le déterminisme de leur formation. 2. Recherches sur la morphogénèse des rhizomorphes et télopodes en culture pure. *Bull. Soc. mycol. Fr.*, **84** (2), 161-307.
- Korhonen K.**, 1978. Interfertility and clonal size in the *Armillariella mellea* complex. *Karstenia*, **18**, 31-42.
- Lansade M.**, 1954. Contribution à l'étude des maladies des plantes à parfum : le pourridié du jasmin, *Rosellinia necatrix* (Hart.) Berl. *Rapport interne I.N.R.A.*, non publié.
- Lopez-Real J. M.**, 1975. Formation of pseudosclerotia (zone lines) in wood decayed by *Armillaria mellea* and *Stereum purpureum*. 1. Morphological aspects. *Trans. br. mycol. Soc.*, **64** (3), 465-472.
- Lopez-Real J. M. & Swift M. J.**, 1975. Formation of pseudosclerotia (zone lines) in wood decayed by *Armillaria mellea* and *Stereum purpureum*. 2. Formation in relation to the moisture content of the wood. *Trans. br. mycol. Soc.*, **64** (3), 473-481.
- Lung-Escarmant B.**, 1978. Contribution à l'étude de la biologie de l'armillaire forme ostoyae et du problème taxonomique d'*Armillaria mellea* (Vahl) Quél. Thèse 3^e Cycle Université de Bordeaux I, n° 48, 135 p.
- Makambila C.**, 1976. Contribution à l'étude du *Rosellinia necatrix* (Hart.) Berl. et du *Rosellinia quercina* Hart. Thèse 3^e Cycle, Univ. de Clermont-Ferrand, n° 503, 96 p.
- Makambila C.**, 1978. Morphogenesis of *Rosellinia*. *Phyton*, **36** (1), 25-30.
- Mantell S. H. & Wheeler B. E.**, 1973. *Rosellinia*, a white root-rot of *Narcissus* in the Scilly Isles. *Trans. br. mycol. Soc.*, **60** (1), 23-35.
- Morquer R., Hubert M. F.**, 1969. Métabolisme des glucides et rhizomorphogénèse chez le *Clitocybe mellea*. *C.R. Acad. Sci. D*, **269** (22), 2199-2204.
- Morquer R., Hubert M. F.**, 1970. Nutrition carbonée du *Clitocybe mellea* (Vahl) Ricken ; utilisation des glucides pour la production du mycélium et des rhizomorphes. *Bull. Soc. mycol. Fr.*, **86** (1), 287-297.
- Morquer R., Lacoste L. & Blaha G.**, 1967. Recherches sur quelques champignons antagonistes du *Clitocybe mellea* (Vahl) Ricken. *C.R. Acad. Sci. D*, **264** (6), p. 809-812.
- Morquer R., Touvet A.**, 1972. Comparaison entre la lutte biologique et la chimiothérapie contre les parasites radiculaires des espèces arborescentes, en fonction du climat. *C.R. Acad. Sci. D*, **274** (2), 234-239.
- Rishbeth J.**, 1964. Stump infection by basidiospores of *Armillaria mellea*. *Trans. br. mycol. Soc.*, **47** (3), 460.
- Rishbeth J.**, 1978. Infection foci of *Armillaria mellea* in first-rotation hardwoods. 5th International Conference on problems of root and butt rots in conifers (Kassel-R.F.A.). *Compte-Rendu*, 191-196.
- Romagnesi H.**, 1970. Observations sur les *Armillariella* (I). *Bull. Soc. mycol. Fr.*, **86** (1), 257-265.
- Romagnesi H.**, 1973. Observations sur les *Armillariella* (II). *Bull. Soc. mycol. Fr.*, **89** (2), 195-206.
- Rykowski K.**, 1974. Zmiany mikroskopowe drewna korzeni sosny zwyczajnej powodowane przez *Armillaria mellea* (Vahl) Karst. (Modifications microscopiques du bois de pin causées par *Armillaria mellea*). *Zesz. nauk. Akad. Roln. Warszawie*, **20**, 111-124.
- Rykowski K.**, 1978. Infection biology of *Armillaria mellea* (Vahl) Karst. 5th International Conference on problems of root and butt rots in conifers (Kassel-R.F.A.). *Compte-Rendu*, 215-233.
- Sakurai Y.**, 1952. Pathologico-anatomical observations on the white root-rot of mulberry trees caused by *Rosellinia necatrix* (Hart.) Berl. *Res. Rep. Fac. Text. Série Shinshu Univ.*, **2**, 18-26.
- Swift M. J.**, 1968. Inhibition of rhizomorph development by *Armillaria mellea* in rhodesian forest soils. *Trans. br. mycol. Soc.*, **51** (2), 241-247.
- Thomas H. E.**, 1934. Studies on *Armillaria mellea* (Vahl) Quél. : infection, parasitism and host resistance. *J. agric. Res.*, **48**, 187-218.
- Thomas H. E., Thomas H. Earl, Roberts Catherine, Amstutz A.**, 1948. Rootstock susceptibility to *Armillaria mellea*. *Phytopathology*, **38** (2), 152-154.
- Viala P.**, 1891. *Monographie du pourridié (Dematophora)*. Masson éd., 118 p.
- Viennot-Bourgin G.**, 1949. *Rosellinia necatrix* (Hart) Berl. in : *Les champignons parasites des plantes cultivées*, Masson éd. T. 1, 403-407.
- Zeller S. M.**, 1926. Observations on infections of apple and prune roots by *Armillaria mellea*. *Phytopathology*, **16** (7), 479-484.