

Fiche informative sur les organismes de quarantaine

Phytophthora fragariae**IDENTITE****Nom:** *Phytophthora fragariae* Hickman**Classement taxonomique:** Fungi: Oomycetes: Peronosporales**Notes sur la taxonomie et la nomenclature:** il existe deux variétés de *P. fragariae*: var. *fragariae* Wilcox & Duncan et var. *rubi* Wilcox & Duncan. Les cas de maladies provoquées par *P. fragariae* var. *rubi* étaient autrefois attribués à *P. erythroseptica* (Converse & Schwartze, 1968; Seemüller *et al.*, 1986), *P. megasperma* (Duncan *et al.*, 1987) et *P. fragariae* (Wilcox, 1989). Wilcox & Duncan (1993) et Wilcox *et al.* (1993) la considèrent comme une variété distincte de *P. fragariae*. Stammler *et al.* (1993) ont confirmé par une analyse de RFLP que les deux variétés étaient homogènes et distinctes, mais aussi que les ressemblances entre elles étaient plus importantes qu'avec toute autre espèce de *Phytophthora*.• ***Phytophthora fragariae* var. *fragariae*****Nom:** *Phytophthora fragariae* Hickman var. *fragariae* Wilcox & Duncan**Noms communs:** Rote Wurzelfäule der Erdbeere (allemand)

Red core, red stele, Lanarkshire disease (anglais)

Corazón rojo de la fresa (espagnol)

Coeur rouge des racines du fraisier (français)

Code informatique Bayer: PHYTFR**Liste A2 OEPP:** n° 79**Désignation Annexe UE:** II/A2• ***Phytophthora fragariae* var. *rubi*****Nom:** *Phytophthora fragariae* Hickman var. *rubi* Wilcox & Duncan**Noms communs:** Himbeersterben, Wurzelfäule der Himbeere (allemand)

Root rot of raspberry (anglais)

Dépérissement du framboisier (français)

Code informatique Bayer: PHYTFU**Liste A2 OEPP:** n° 79**PLANTES-HOTES**• ***Phytophthora fragariae* var. *fragariae***La principale plante-hôte est le fraisier cultivé (*Fragaria x ananassa*). Une infection naturelle n'a été observée que chez une seule autre plante-hôte: *Rubus x loganobaccus* (McKeen, 1958), mais plusieurs genres de la tribu des Potentilleae chez les Rosaceae ont été infectés artificiellement (Pepin, 1967).La gamme de plantes-hôtes potentielles dans la région OEPP comprend toutes les espèces de *Fragaria* et peut-être certaines espèces de *Rubus*, comme *Rubus x loganobaccus* et la ronce (*Rubus fruticosus*). Bien qu'une souche typique du champignon, provoquant le coeur rouge des racines du fraisier, ait été isolée de *Rubus x loganobaccus*, les attaques de

pourriture racinaire les plus graves chez *Rubus* sont provoquées par la variété *P. fragariae* var. *rubi* (voir ci-dessous) (Wilcox, 1989).

- ***Phytophthora fragariae* var. *rubi***

Le framboisier cultivé (*Rubus idaeus*) est la principale plante-hôte, mais des infections naturelles ont été observées chez des hybrides comme *Rubus x loganobaccus* et les 'tayberries'. Dans ce dernier cas, la maladie n'a pu être reproduite par des expériences d'inoculations. Certains autres genres dans la tribu des Potentilleae chez les Rosaceae peuvent être sensibles mais non pas été testées. Le fraisier n'est pas sensible à cette variété du pathogène, qui n'entraîne pas les symptômes typiques du coeur rouge des racines du fraisier.

La gamme de plantes-hôtes potentielles dans la région OEPP comprendrait les framboisiers (*Rubus idaeus*, hybrides de *R. idaeus* et *R. occidentalis*), ainsi que peut-être d'autres *Rubus* spp. hybrides comme *Rubus x loganobaccus* et les 'tayberries'.

REPARTITION GEOGRAPHIQUE

- ***Phytophthora fragariae* var. *fragariae***

OEPP: Allemagne, Autriche, Belgique, Bulgarie (non confirmé), Chypre, Danemark (Thinggaard, 1989), Egypte (pays OEPP potentiel) (Moustafa, 1986), Espagne (non confirmé), France, Hongrie (éradiqué), Irlande, Italie, Liban (pays OEPP potentiel), Luxembourg, Pays-Bas, République tchèque, Slovaquie, Suède, Suisse, Royaume-Uni (majorité des zones dont Angleterre, Ecosse, Irlande du Nord et Jersey; signalé mais non établi à Guernsey), Russie (européenne), Slovénie.

Asie: Chypre, Japon, Liban. Signalé aussi à Taïwan (Chang, 1988), mais la température optimale de croissance élevée (30°C) et l'hétérothallisme (type de compatibilité A2) rendent la dénomination de l'isolat douteuse.

Amérique du Nord: Canada (Alberta, British Columbia, New Brunswick, Nova Scotia, Ontario, Québec), Etats-Unis (Arkansas, California, Colorado, Connecticut, Florida, Illinois, Iowa, Kentucky, Maine, Maryland, Michigan, New Jersey, New York, North Carolina, Oklahoma, Oregon, Virginia, Washington, Wisconsin), Mexique.

Amérique du Sud: Equateur.

Océanie: Australie (South Australia), Nouvelle-Zélande.

UE: présent.

Carte de répartition: voir CMI (1986, n° 62).

- ***Phytophthora fragariae* var. *rubi***

OEPP: Allemagne (Seemüller *et al.*, 1986), Autriche, Danemark (Thinggaard, 1990), France (Nourrisseau & Baudry, 1987), Irlande (Duncan *et al.*, 1987), Norvège (Heiberg *et al.*, 1990), Pays-Bas, Slovénie, Suède (Graaberg, 1994), Suisse (Bolay & Lauber, 1989), Royaume-Uni (Angleterre, Ecosse et Irlande du Nord; Duncan *et al.*, 1987).

Amérique Centrale: Canada (British Columbia et peut-être Ontario), Etats-Unis (New York, Ohio et le Midwest, Wilcox, 1989; Washington, Converse & Schwartze, 1968).

Amérique du Sud: Chili.

Océanie: il y a des signalements de dépérissement du framboisier en Australie (Washington, 1988) et en Nouvelle-Zélande (Boesewinkel, 1982) mais l'espèce impliquée est *P. cryptogea*.

UE: présent.

Carte de répartition: voir CMI (1986, n° 62).

BIOLOGIE

• *Phytophthora fragariae* var. *fragariae*

Le champignon peut survivre pendant des années sous forme d'oospores résistantes. Il existe des preuves expérimentales qu'il peut parfaitement survivre plus de 4 ans et certaines données de terrain suggèrent qu'il peut rester viable pendant 13-15 ans dans des cultures de fraisier. On ne connaît pas de plantes-hôtes naturelles en dehors du fraisier et de *Rubus x loganobaccus* bien que des inoculations artificielles d'autres membres de la tribu des Potentilleae semblent indiquer une possibilité de survie sur d'autres plantes-hôtes comme le framboisier et le mûrier.

Les oospores germent et donnent un ou occasionnellement plusieurs sporanges. La température optimale de germination est 10-15°C mais une germination très ralentie peut avoir lieu à 20°C et à 5°C. Les sporanges libèrent les zoospores dynamiques mobiles qui nagent vers les extrémités des racines des plantes-hôtes où elles s'enkystent, s'attachent et forment des tubes de germination qui pénètrent dans la racine. Le champignon traverse le cortex de manière inter- et intracellulaire jusqu'à la stèle, le long de laquelle le champignon se développe, surtout en colonisant le péricycle et le phloème. La croissance du champignon a surtout lieu à l'intérieur de la stèle, le champignon se développant en la longeant, mais les hyphes poussent à l'extérieur des racines et forment de nouveaux sporanges qui libèrent plus de zoospores qui débent sur d'autres racines et d'autres plantes. Des sporanges secondaires sans papilles sont produits en quelques jours et plusieurs cycles du champignon peuvent avoir lieu pendant les mois d'hiver. On peut souvent voir des sporanges sur les racines récemment infectées, généralement groupés autour de l'extrémité de la racine et dans les zones où les racines latérales se séparent de la racine principale. La prolifération interne de sporanges n'est pas fréquente et on peut supposer qu'elle contribue à la production rapide d'un grand nombre de zoospores. Les zoospores présentent un géotropisme positif et en nageant vers le haut elles se concentrent dans l'eau à la surface du sol. Le déplacement à la surface ou dans l'eau de drainage, surtout vers le bas des pentes, peut disséminer les zoospores très rapidement. La température optimale pour l'infection est de 10-17°C; l'infection peut avoir lieu jusqu'à 2°C mais pas à 25°C (J.M. Duncan, résultats non publiés). Elle est plus lente en dessous de 10°C, mais l'inoculum secondaire est produit plus abondamment sur de longues périodes ce qui explique pourquoi la maladie est plus grave après un hiver humide. Ainsi l'infection se produit très rapidement en conditions humides et fraîches, caractéristiquement en fin d'automne et au début du printemps. Les basses températures favorisent la production d'inoculum secondaire en grande quantité pendant une longue période, permettant ainsi une infection facile.

La stèle des racines infectées tourne au rouge en réaction à l'infection et ensuite une pourriture de la racine se produit à partir de l'extrémité puis en remontant. Au fur et à mesure de la progression de l'infection, des oospores sont formées en association étroite avec la stèle, probablement dans les tubes criblés du phloème. Le champignon est homothallic, un seul type de souche est nécessaire à la production d'oospores. Plusieurs centaines d'oospores peuvent être produites par cm linéaire de racine infectée. Les racines infectées pourrissent ensuite, partiellement en raison d'une invasion par des organismes secondaires; elles laissent dans le sol de grandes quantités de nouvelles oospores. La plantation de plantes malades dans un sol sain contamine le lieu pour de nombreuses années.

La production et la dissémination rapides de l'inoculum, la nature polycyclique de la maladie, ainsi que la production et la survie ultérieure des oospores sont les principaux facteurs qui rendent cette maladie si difficile à combattre.

On a identifié un certain nombre de races du champignon au Royaume-Uni, 11 dans le passé (Montgomerie, 1967), mais plus récemment on a détecté sept groupes d'isolats, chacun correspondant probablement à une race. Il y a dix races en Amérique du Nord dont

six au Canada. Lors d'une prospection dans différentes zones atteintes en Europe (Kennedy & Duncan, 1993), neufs races ont été trouvées dont trois correspondaient à des races américaines. Il n'y a pas de système reconnu au niveau international pour la classification des races.

- ***Phytophthora fragariae* var. *rubi***

Le cycle biologique de ce champignon est très similaire à celui de *P. fragariae* var. *fragariae*. Il peut probablement survivre pendant des années dans le sol sous forme d'oospores, et bien qu'il n'y ait pas de plantes-hôtes naturelles connues en dehors des *Rubus* spp. il est sans doute capable de survivre sur d'autres hôtes appartenant aux Rosaceae. Comme pour *P. fragariae* var. *fragariae*, l'inoculum est produit et se dissémine rapidement, et plusieurs cycles de multiplication ont lieu annuellement. Le dépérissement du framboisier est donc aussi difficile à combattre que le coeur rouge des racines du fraisier. On n'a pas encore signalé de races.

DETECTION ET IDENTIFICATION

Symptômes

- ***Phytophthora fragariae* var. *fragariae***

Les attaques de la maladie se font souvent à partir de petits foyers de plants de fraisiers infectés. Ces foyers grandissent, particulièrement en direction des bas de pente où la dissémination par l'eau peut aboutir à l'infection de vastes zones. Les symptômes sont apparents sur racines à partir de la fin de l'automne mais généralement ils ne sont pas manifestes sur les parties aériennes avant la fin du printemps ou le début de l'été, à ce moment il peut être difficile de trouver des confirmations de la présence du pathogène dans les racines.

Les symptômes apparaissent généralement sur les parties aériennes des plantes qui subissent un stress en fin de printemps ou début d'été, surtout dans les zones basses, humides. Souvent les plantes n'arrivent pas à se développer ou sont rabougries. Elles peuvent mourir avant de fructifier ou ne produisent que quelques petits fruits. Les jeunes feuilles ont une coloration bleu-vert et les feuilles plus âgées tournent au jaune ou au rouge. Les plants déterrés présentent un système racinaire peu développé et pourri.

Les racines absorbantes latérales sont généralement fortement pourries et ont fréquemment disparu lorsque l'on déterre les plantes. La pourriture des racines adventices commence à leur extrémité puis remonte, les racines ont souvent une apparence grise à brune à leur extrémité distale, ce qui provoque le symptôme caractéristique en 'queue de rat'. Une coupe transversale des parties supérieures blanches, non pourries, de ces racines révèle la coloration lie de vin à rouge brique de la stèle - d'où le nom 'coeur rouge'. La coloration peut s'étendre jusqu'à une distance assez importante au-dessus des zones pourries, jusque dans la couronne même chez les cultivars très sensibles.

- ***Phytophthora fragariae* var. *rubi***

Comme pour *P. fragariae* var. *fragariae*, les attaques se font souvent à partir de petits foyers et grandissent particulièrement en direction des bas de pentes. Les symptômes apparaissent généralement sur les parties aériennes des plantes qui subissent un stress, en fin de printemps ou en début d'été. Certaines cannes fructifères, c'est à dire des cannes de deux ans, ne débourent pas; d'autres débourent mais les latérales fructifères se flétrissent et se dessèchent avant ou pendant la fructification. Lorsqu'on enlève l'épiderme à la base de ces cannes, le bois sous-jacent est généralement décoloré: brun-rouge ou brun-noir. Il y a une pénurie de jeunes cannes d'un an (primocannes); un symptôme très précoce et utile est l'absence de poussée de primocannes au printemps dans les allées entre les rangées. Les jeunes cannes se dessèchent en prenant l'aspect d'une crosse de berger. Le feuillage tourne au bronze ou au rougeâtre bien avant l'automne (coloration automnale précoce). On peut trouver des lésions noir-pourpre à la base de nombreuses jeunes cannes, elles sont bien

visibles lorsque l'on retire l'épiderme et elles peuvent s'étendre sur 20-30 cm au-dessus du sol. Le système racinaire des plantes atteintes est gravement pourri et présente peu de racines absorbantes blanches, et les racines plus importantes présentent une décoloration interne qui tranche fortement avec les zones blanches indemnes de la racine.

Plusieurs autres espèces de *Phytophthora* ont été isolées de framboisiers atteints par le dépérissement du framboisier. *P. cambivora* et *P. citricola* peuvent occasionnellement provoquer de graves dégâts mais la majorité de ces espèces, comme *P. cactorum* et *P. drechsleri*, ne provoquent des dégâts significatifs que dans les parties des champs mal drainées ou imbibées d'eau (Duncan & Kennedy, 1989). Les plantes attaquées par ces autres espèces sont rarement aussi gravement touchées que celles attaquées par *P. fragariae* var. *rubi* et ne présentent pas certains des symptômes caractéristiques, par exemple les lésions noir-pourpre sur les jeunes tiges et les grosses oospores limitées à la stèle. Mis à part certains isolats atypiques de *P. cactorum* (voir le paragraphe 'Morphologie'), les autres espèces n'ont été isolées qu'occasionnellement de framboisiers atteints par le dépérissement; ils ne posent pas de problèmes importants si ce n'est pour la diagnose.

Morphologie

- ***Phytophthora fragariae* var. *fragariae***

L'identité de la maladie est généralement confirmée par la présence d'oospores typiques et par les stèles rouges. Les oospores peuvent être présentes en abondance mais sont limitées à la stèle des racines pourries. Les oogonies à maturité sont souvent marron doré, d'un diamètre de 22-44 µm (39 en moyenne) et ne contiennent qu'une spore aplérotique, d'un diamètre de 22-44 µm (33 en moyenne), majoritairement sphérique mais parfois en forme de tonneau lorsqu'elle est comprimée par la cellule-hôte lors de sa formation. Les sporanges secondaires sans papilles sont en forme de poire à l'envers, de 32-90 x 22-52 µm (en moyenne 60 x 38).

- ***Phytophthora fragariae* var. *rubi***

On observe facilement les oospores dans les jeunes racines tendres pourries en prélevant aussi haut que possible à la base des cannes. Elles sont limitées à la stèle des racines pourries et sont pratiquement identiques à celles de *P. fragariae* var. *fragariae*, les oogonies à maturité sont généralement marron doré, d'un diamètre de 28-46 µm (en moyenne 39) et à une seule oospore aplérotique d'un diamètre de 22-44 µm (33 en moyenne).

Il faut signaler que des oospores d'isolats quelque peu atypiques de *P. cactorum* ont été observés très fréquemment dans les racines de framboisiers qui à part cela ne présentent pas de symptômes. Elles sont plus petites que les oospores de *P. fragariae* var. *rubi*, d'un diamètre d'environ 26 µm, et localisées principalement dans le cortex racinaire.

Méthodes de détection et d'inspection

- ***Phytophthora fragariae* var. *fragariae***

On peut détecter la maladie au champ même à des niveaux très faibles en utilisant des plantes pièges sensibles (Duncan *et al.*, 1986). On déterre des stolons à intervalles réguliers dans le champ et l'on prélève des échantillons racinaires d'une longueur de 2-5 cm à l'extrémité des racines et on les place dans un sac de polyéthylène. La méthode précise de choix des échantillons et leur nombre dépend du but de l'étude mais des échantillons prélevés sur 500 plantes sur une surface de 0,1-0,2 ha ont permis de détecter des niveaux d'infection nettement inférieurs à 1%. Les extrémités des racines sont mélangées à un compost sans sol et le mélange est planté avec des fraisiers du cultivar alpin Baron Solemacher, issus de semis. Les plants sont maintenus en serre en conditions fraîches à un éclairage modéré et arrosés copieusement (on doit prendre soin que l'eau des pots s'écoule librement et ne stagne pas). La coloration rouge foncé des tiges et des feuilles et le flétrissement des feuilles apparaissent souvent en 5 semaines, la durée normale du test. On

doit vérifier la présence d'oospores au niveau du système racinaire et, si nécessaire, on peut procéder à des isolements avec un milieu sélectif (Montgomerie & Kennedy, 1983). Cette méthode est recommandée par l'OEPP (OEPP/EPPO, 1984a).

On a mis au point des tests ELISA pour détecter *P. fragariae* (Amouzou-Alladaye *et al.*, 1988; Mohan, 1988; Werres, 1988; Pscheidt *et al.*, 1992), mais ils ne conviennent pas pour une identification précise car ils ne sont spécifiques qu'au niveau du genre *Phytophthora*. Burns & George (1995) ont essayé d'obtenir des anticorps monoclonaux spécifiques des deux variétés de *P. fragariae*, mais là aussi, ils n'étaient spécifiques qu'au niveau du genre. Cooke *et al.* (1995) espèrent que l'utilisation d'amorces de PCR basées sur l'ADNr de *Phytophthora* spp. donnera la spécificité nécessaire.

- ***Phytophthora fragariae* var. *rubi***

On peut détecter la maladie en utilisant une plante piège. On prélève des fragments de racines, certains portant de jeunes bourgeons, à la fin de l'automne. On les mélange avec un compost sans sol et on remplit des bacs de plantation avec ce mélange. On maintient ces bacs à température élevée et sous un fort éclairage et avec juste assez d'eau pour permettre le développement des jeunes bourgeons en tiges vigoureuses. Après 5 semaines on place ces bacs en conditions fraîches et sous un éclairage modéré et on arrose copieusement (on doit prendre soin que l'eau des pots s'écoule librement et ne stagne pas). Ces nouvelles conditions favorisent le développement de la maladie si elle est présente, caractéristiquement sous forme d'un flétrissement et d'un jaunissement des tiges, de lésions caulinaires et d'une pourriture des racines avec présence d'oospores caractéristiques dans la stèle.

On peut isoler le champignon des plantes infectées en utilisant un milieu sélectif (Montgomerie & Kennedy, 1983). On doit réaliser ces isolements à partir de différents organes: base des tiges décolorées, parties des racines importantes et fines radicelles. Brunner-Keinath & Seemüller (1992) ont aussi décrit un milieu sélectif.

MOYENS DE DEPLACEMENT ET DE DISPERSION

Les deux variétés de ce champignon peuvent se disséminer par l'intermédiaire de l'eau de surface ou de drainage, ce qui peut être important pour la dissémination locale. On doit faire attention lorsque l'on irrigue les cultures, car il y a eu des cas de dissémination par l'eau d'irrigation s'étant écoulée à travers des champs infectés, particulièrement lors d'hivers doux et très humides. Le champignon peut également être transporté avec du sol sur les outils et les machines. Cependant, le mode de dissémination le plus important, celui qui a eu pour conséquence la dissémination à l'intérieur des pays dans la majorité de l'Europe, est le transport sur du matériel de plantation de fraisiers et de framboisiers.

NUISIBILITE

Impact économique

- ***Phytophthora fragariae* var. *fragariae***

Le coeur rouge des racines du fraisier entraîne de sérieuses pertes économiques partout où il sévit, bien qu'il soit généralement plus grave dans les zones fraîches et humides. Les dégâts sont très graves après les hivers humides (Reid, 1949) et peuvent être considérables, avec des rendements réduits à 1 t ha⁻¹, principalement de petits fruits de mauvaise qualité. En Nova Scotia (Canada), on a estimé que rien qu'en une saison, 78 % de la zone productrice de fraises était improductive avec des pertes pour les producteurs dépassant 1500 CAD par hectare (Gourley & Delbridge, 1972). Dans la région OEPP, la maladie a une grande importance économique pour la production de fraise dans toutes les zones d'Allemagne, Belgique, France, Italie, Pays-Bas, Suisse, Royaume-Uni et Russie, et une certaine importance dans tous les pays où elle est établie.

- ***Phytophthora fragariae* var. *rubi***

Ce champignon provoque une maladie extrêmement grave qui peut entraîner une perte totale d'une plantation de framboisier car de vastes zones sont entièrement détruites. Les dégâts sont très graves après les hivers humides. L'établissement de plantations de framboisiers demande un investissement en capital considérable qui est amorti sur la durée de plantation, généralement 10-15 ans. Cet investissement est perdu si des attaques graves surviennent dans les 2-3 années qui suivent la plantation. Cette maladie a une grande importance en Allemagne, France, Norvège, Suisse et au Royaume-Uni. Son importance augmente aux Pays-Bas depuis 1993.

Lutte

- ***Phytophthora fragariae* var. *fragariae***

Le principal mode de dissémination est le matériel de plantation infecté et la meilleure méthode de lutte est l'application dans les pépinières d'une législation stricte et d'un schéma de certification (faisant appel de préférence à un piégeage sur extrémités racinaires, voir ci-dessous). L'OEPP a émis des recommandations et produit un schéma de certification pour les fraisiers (OEPP/EPPO, 1994a). Il faut toutefois remarquer que ces systèmes de lutte ont seulement freiné la dissémination à l'intérieur de la région OEPP, et n'ont pas réussi à l'empêcher.

Plusieurs fongicides sont maintenant homologués pour la lutte contre le coeur rouge des racines du fraisier. Le fosétyl-aluminium et les produits apparentés sont très efficaces lorsqu'on les applique en automne juste avant que n'ait lieu l'infection de nouveaux systèmes racinaires. Divers fongicides contenant des phénylamides ont aussi été homologués, ils donnent de bons résultats lorsqu'ils sont appliqués en automne et au printemps. Cependant, on a isolé des souches tolérantes en Allemagne (Seemüller & Sun, 1989) et en Amérique du Nord, où la tolérance au métalaxyl pose de graves problèmes (Nickerson & Maas, 1991).

Les méthodes culturales peuvent aussi contribuer à une lutte efficace, principalement l'amélioration du drainage. On a parfois obtenu de bons résultats en cultivant les plantes en buttes ou en lits surélevés. Les essais de sélection génétique pour la résistance ont abouti au lancement de cultivars commerciaux présentant une forte résistance au champ (Gooding, 1972), même s'ils n'ont majoritairement pas connu un grand succès commercial. De plus, leur résistance peut être spécifique aux races du pathogène et certaines souches pourraient les attaquer sévèrement (Kennedy & Duncan, 1988). De nombreux cultivars populaires en Europe présentent une résistance spécifique aux races les plus simples, mais on ne sait pas si cette résistance contribue à la lutte contre la maladie, car des races virulentes contre ces cultivars ont été signalées dans de nombreux pays. En Amérique du Nord, la sélection génétique a donné des cultivars présentant une résistance spécifique à certaines races et qui ont eu un certain succès dans la lutte contre la maladie.

- ***Phytophthora fragariae* var. *rubi***

Plusieurs fongicides sont maintenant homologués pour la lutte contre le dépérissement du framboisier. Le fosétyl-Al et les produits apparentés ne se sont pas révélés efficaces et à ce jour, seuls des fongicides contenant des phénylamides ont été approuvés, comme les associations de métalaxyl et d'oxychlorure de cuivre ou de métalaxyl et de mancozèbe. Les traitements sont effectués en bandes sur le sol au niveau de la base des cannes.

Les méthodes culturales peuvent aussi contribuer à une lutte efficace, principalement l'amélioration du drainage. Heiberg (1995) a proposé un système de lutte intégrée, basé sur des lits surélevés, des cultivars à résistance modérée, des traitements chimiques, un paillage et une fumure organique. En Amérique du Nord, plusieurs cultivars présentent un niveau de résistance efficace: les cultivars de framboisier rouge Newburgh, Meeker, Sumner (Barritt *et al.*, 1981) et Chilliwack (Daubeny, 1987) présentent une certaine résistance alors que Latham et certains cultivars de framboisier noir sont très résistants. En Europe où la

maladie est apparue récemment, l'amélioration génétique pour la résistance en est encore à ses débuts. Certains cultivars fructifiant en automne comme Autumn Bliss semblent présenter des niveaux de résistance efficaces mais tous les cultivars fructifiant en été sont sensibles, dans la majorité des cas extrêmement sensibles. *Rubus spectabilis* et *R. parviflorus* ont des niveaux de résistances élevés (Bristow *et al.*, 1988), et sont utilisés dans les programmes d'amélioration génétique. La résistance de Autumn Bliss provient probablement de *R. spectabilis*. La majorité des hybrides comme le tayberry qui ont un mûrier dans leur ascendance sont très résistants ou immuns, mais *Rubus x loganobaccus* est modérément sensible. *P. fragariae* var. *rubi* a été isolé du tayberry mais si on l'y réinocule, il provoque des symptômes modérés uniquement après une période prolongée d'immersion en eau stagnante.

La maladie peut être introduite dans de nouvelles zones par du matériel de plantation; Graaberg (1994) suggère que c'est la manière dont elle a été introduite en Suède. Le schéma de certification de l'OEPP pour *Rubus* (OEPP/EPPO, 1994b) devrait permettre de la contrôler.

Risque phytosanitaire

P. fragariae est un organisme de quarantaine A2 de l'OEPP (OEPP/EPPO, 1982). L'OEPP a réalisé une synthèse sur la situation de la maladie du coeur rouge du fraisier dans la région en 1983 (OEPP/EPPO, 1984b). A l'origine la liste ne comprenait que le pathogène du fraisier mais en 1991, *P. fragariae* var. *rubi* a été spécifiquement rajouté à la liste de quarantaine. Il a aussi une importance de quarantaine pour l'IAPSC, la JUNAC et la NAPPO. Le coeur rouge des racines du fraisier est un danger potentiel là où le sol reste frais et humide pendant une partie de l'année. En fait, on rencontre cette maladie dans la majorité des zones de l'OEPP mais pas en Finlande et en Norvège. On l'a aussi signalé dans les zones méditerranéennes plus chaudes et plus sèches et le recours intensif à l'irrigation dans ces zones peut augmenter le risque d'attaques encore plus graves. Dans tous les cas, *P. fragariae* var. *fragariae* a une répartition restreinte dans de nombreux pays de l'OEPP et le matériel de plantation est soumis à un schéma de certification obligatoire; pour cette raison, il devrait être régulé internationalement comme un organisme de quarantaine.

Le pathogène du framboisier est un danger potentiel là où le sol reste frais et humide pendant une partie de l'année. Il présente une grave menace pour toutes les zones productrices de framboise de l'OEPP, et il a encore une répartition relativement restreinte.

MESURES PHYTOSANITAIRES

- ***Phytophthora fragariae* var. *fragariae***

L'OEPP recommande (OEPP/EPPO, 1990) que l'on recherche la présence de *P. fragariae* sur des échantillons racinaires du matériel de plantation de fraisier et que les plants et leurs plantes mères aient été soumis à une inspection pendant la période de végétation selon la procédure recommandée par l'OEPP (OEPP/EPPO, 1984a). De plus, il est proposé que certains pays puissent exiger que le matériel végétal provienne d'un champ où *P. fragariae* n'a jamais été présent. L'utilisation de matériel de plantation de fraisier certifié, en suivant le schéma OEPP OEPP/EPPO (1994a), devrait cependant fournir des garanties adéquates.

Pour appliquer ceci nationalement et internationalement, certains pays européens ont une législation concernant la production de fraisiers et la dissémination du coeur rouge des racines du fraisier (Navatel & Fournier, 1986). En Angleterre, la maladie doit être déclarée aux autorités. Bien que la production de stolons non certifiés soit autorisée, les terrains sur lesquels des attaques se produisent sont répertoriés et la production de matériel de plantation (certifié ou non) des espèces multipliées végétativement est interdite sur ces terrains. En Ecosse les terrains ne sont pas répertoriés mais les stolons de fraisier ne peuvent être vendus sans un certificat sanitaire officiel, dont une condition est l'absence du

coeur rouge des racines du fraisier. Le certificat sanitaire n'est accordé qu'après que la culture a subi le test par piégeage sur racines sensibles, comme décrit dans le paragraphe 'Méthodes de détection et d'inspection'. Un test similaire est utilisé depuis plusieurs années en Suède pour tester le matériel et occasionnellement en d'autres pays européens comme la Suisse; un schéma de certification officiel mais non obligatoire existe en Suisse et en Belgique. En raison de la nature polycyclique de la maladie, de la gravité des dégâts pouvant survenir et de la longue période de rémanence dans les sols infestés, tous les schémas de certification devraient appliquer un niveau de tolérance nul, mais certains pays autorisent un faible pourcentage de pourritures racinaires dans le matériel certifié. On ne sait pas réellement si la "pourriture racinaire" due à *P. fragariae* est comprise dans cette catégorie.

- ***Phytophthora fragariae* var. *rubi***

Le dépérissement du framboisier est trop récent pour avoir fait l'objet d'autant de réglementation pour le contrôler que la maladie très similaire du coeur rouge du fraisier, même si le montant plus important des capitaux investis et les pertes que la maladie peut entraîner rendent urgent le besoin de ces réglementations. De même, l'OEPP n'a pas encore recommandé de directives concernant cette maladie, même si les recommandations pour la certification du matériel de plantation de *Rubus* (OEPP/EPPO, 1994b) pourraient être une base adéquate. En Ecosse la délivrance du certificat sanitaire exige l'absence de la maladie et des propositions de modifications de la législation ont été faites; elles rendront la certification obligatoire pour tout matériel de framboisier produit en Ecosse. L'examen du matériel végétal est entrepris dans tous les pays où cette maladie est importante.

BIBLIOGRAPHIE

- Amouzou-Alladaye, E.; Dunez, J.; Clerjeau, M. (1988) Immunoenzymatic detection of *Phytophthora fragariae* in infected strawberry plants. *Phytopathology* **78**, 1022-1026.
- Barritt, B.H.; Crandall, P.C.; Bristow, P.R. (1981) Red raspberry clones resistant to root rot. *Fruit Varieties Journal* **35**, 60-62.
- Boesewinkel, H.J. (1982) A list of 142 new plant disease recordings from New Zealand and short notes on three diseases. *Australasian Plant Pathology* **11**, 40-43.
- Bolay, A.; Lauber, H.P. (1989) Un *Phytophthora*, cause d'un rapide dépérissement du framboisier. *Revue Suisse de Viticulture, Arboriculture et Horticulture* **21**, 147-152.
- Bristow, P.R.; Daubeny, H.A.; Sjulín, T.M.; Pepin, H.S.; Nestby, R.; Windom, G.E. (1988) Evaluation of *Rubus* germplasm for reaction to root rot caused by *Phytophthora erythroseptica*. *Journal of the American Society for Horticultural Science* **113**, 588-591.
- Brunner-Keinath, S.; Seemüller, E. (1992) Zur diagnose der *Phytophthora*-Wurzelfäule der Himbeere. *Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes* **44**, 179-182.
- Burns, R.; George, E. (1995) The use of monoclonal antibodies for the detection of fungi. *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin* **25**, 31-38.
- Chang, H.S. (1988) *Phytophthora* species associated with strawberry fruit rot in Taiwan. *Botanical Bulletin Academia Sinica, Taiwan* **29**, 61-67.
- CMI (1986) *Distribution Maps of Plant Diseases* No. 62 (edition 5). CAB International, Wallingford, Royaume-Uni.
- Converse, R.H.; Schwartz, C.D. (1968) A root rot of red raspberry caused by *Phytophthora erythroseptica*. *Phytopathology* **58**, 56-59.
- Cooke, D.E.L.; Duncan, J.M.; Unkles, S. (1995) Diagnosis and detection of *Phytophthora fragariae* in raspberry and strawberry. *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin* **25**, 95-98.
- Daubeny, H.A. (1987) 'Chilliwack' and 'Comox' red raspberries. *HortScience* **22**, 1343-1345.
- Duncan, J.M.; Fordyce, W.; Harper, P.C.; Rankin, P.A. (1986) Eliminating red core (*Phytophthora fragariae*) from Scottish certified stock strawberries. *Research and Development in Agriculture* **3**, 43-46.
- Duncan, J.M.; Kennedy, D.M. (1989) The effect of waterlogging on phytophthora root rot of red raspberry. *Plant Pathology* **38**, 161-168.

- Duncan, J.M.; Kennedy, D.M.; Seemüller, E. (1987) Identities and pathogenicities of *Phytophthora* spp. causing root rot of raspberry. *Plant Pathology* **36**, 276-289.
- Gooding, H.J. (1972) Studies on field resistance of strawberry varieties to *Phytophthora fragariae*. *Euphytica* **21**, 63-70.
- Gourley, C.O.; Delbridge, R.W. (1972) Economic loss from strawberry red stele disease in Nova Scotia. *Report, Research Station Kentville, Nova Scotia, Canada for 1971*, pp. 63-64.
- Graaberg, M. (1994) Rotröta i svensk hallonodling. Växtskyddsnotiser **58**, 116-117.
- Heiberg, N. (1995) Control of root rot of red raspberries caused by *Phytophthora fragariae* var. *rubi*. *Plant Pathology* **44**, 153-159.
- Heiberg, N.; Duncan, J.M.; Kennedy, D.M.; Semb, L. (1990) Raspberry root rots in Norway. *Proceedings of the 5th International Rubus-Ribes Symposium. Acta Horticulturae* No. 262, pp. 189-191.
- Kennedy, D.M.; Duncan, J.M. (1988) Frequency of virulence phenotypes of *Phytophthora fragariae* in the field. *Plant Pathology* **37**, 397-406.
- Kennedy, D.M.; Duncan, J.M. (1993) European races of *Phytophthora fragariae* and resistance to them. *Acta Horticulturae* No. 348, pp. 469-482.
- McKeen, W.E. (1958) Red stele root disease of the loganberry and strawberry caused by *Phytophthora fragariae*. *Phytopathology* **48**, 129-132.
- Mohan, S.B. (1988) Evaluation of antisera raised against *Phytophthora fragariae* for detecting the red core disease of strawberries by enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA). *Plant Pathology* **37**, 206-216.
- Montgomerie, I.G. (1967) Pathogenicity of British isolates of *Phytophthora fragariae* and their relationship with American and Canadian races. *Transactions of the British Mycological Society* **50**, 57-67.
- Montgomerie, I.G.; Kennedy, D.M. (1983) An improved method of isolating *Phytophthora fragariae*. *Transactions of the British Mycological Society* **80**, 178-183.
- Moustafa, M.S.H. (1986) Isolierung und Untersuchung von *Phytophthora fragariae* Hickman in Ägypten. *Archiv für Phytopathologie und Pflanzenschutz* **22**, 173-175.
- Navatel, J.C.; Fournier, B. (1986) La production de plants de fraisier certifiés dans quelques pays européens. *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin* **16**, 369-373.
- Nickerson, N.L.; Maas, J.L. (1991) Red stele in North America. *Proceedings of the Third North American Strawberry Conference* (édité par Dale, A.; Luby, J. J.), pp. 195-201. Timber Press, Portland, Etats-Unis.
- Nourrisseau, J.-G.; Baudry, A. (1987) Un *Phytophthora* cause de dépérissement du framboisier en France. *Phytoma - Défense des Cultures* No. 384, pp. 39-41.
- OEPP/EPPO (1982) Data sheets on quarantine organisms No. 79, *Phytophthora fragariae*. *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin* **12** (1).
- OEPP/EPPO (1984a) Quarantine procedures No. 22, *Phytophthora fragariae*. *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin* **14**, 77-78.
- OEPP/EPPO (1984b) International discussion meeting on red core disease of strawberries. *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin* **14**, 97-117.
- OEPP/EPPO (1990) Exigences spécifiques de quarantaine. *Document technique de l'OEPP* n° 1008.
- OEPP/EPPO (1994a) Certification schemes No. 11. Pathogen-tested strawberry. *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin* **24**, 875-889.
- OEPP/EPPO (1994b) Certification schemes. No. 10. Pathogen-tested material of *Rubus*. *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin* **24**, 865-874.
- Pepin, H.S. (1967) Susceptibility of members of the Rosaceae to races of *Phytophthora fragariae*. *Phytopathology* **57**, 782-784.
- Pscheidt, J.W.; Burket, J.Z.; Fischer, S.L.; Hamm, P.B. (1992) Sensitivity and clinical use of *Phytophthora*-specific immunoassay kits. *Plant Disease* **76**, 928-932.
- Reid, R.D. (1949) Breeding strawberries for disease resistance. *Agriculture* **55**, 476-482.
- Scott, D.H.; Draper, A.D.; Galletta, G.J. (1984) Breeding strawberries for red stele resistance. *Plant Breeding Reviews* **2**, 195-294.
- Seemüller, E.; Duncan, J.M.; Kennedy, D.M.; Riedel, M. (1986) [Une *Phytophthora* sp. provoquant le dépérissement du framboisier]. *Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes* **38**, 17-21.
- Seemüller, E.; Sun, C. (1989) Auftreten von Metalaxyl-Resistenz bei *Phytophthora fragariae*. *Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes* **41**, 71-73.

- Stammler, G.; Seemuller, E.; Duncan, J.M. (1993) Analysis of RFLPs in nuclear and mitochondrial DNA and the taxonomy of *Phytophthora fragariae*. *Mycological Research* **97**, 150-156.
- Thinggaard, K. (1989) [La maladie fongique, coeur rouge du farisier]. *Gron Viden* No. 33, 4 pp.
- Thinggaard, K. (1990) [La maladie fongique, dépérissement du framboisier]. *Gron Viden* No. 54, 4 pp.
- Washington, W.S. (1988) *Phytophthora cryptogea* as a cause of root rot of raspberry in Australia; resistance of raspberry cultivars and control by fungicides. *Plant Pathology* **37**, 225-230.
- Werres, S. (1988) Enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) as a method for detection of *Phytophthora fragariae* in strawberry roots. *Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes* **40**, 146-150.
- Wilcox, W.F. (1989) Identity, virulence and isolation frequency of seven *Phytophthora* spp. causing root rot of raspberry in New York. *Phytopathology* **79**, 93-101.
- Wilcox, W.F.; Duncan, J.M. (1993) *Phytophthora fragariae* Hickman var. *rubi* var. nova. *Mycological Research* **97**, 830.
- Wilcox, W.F.; Scott, P.H.; Hamm, P.B.; Kennedy, D.M.; Duncan, J.M.; Brasier, C.M.; Hansen, E.M. (1993) Identity of a *Phytophthora* species attacking raspberry in Europe and North America. *Mycological Research* **97**, 817-831.