



HAL
open science

Systeme d'avertissement destiné à la lutte contre le feu bactérien

C. Jacquart-Romon, Jean-Pierre Paulin

► **To cite this version:**

C. Jacquart-Romon, Jean-Pierre Paulin. Systeme d'avertissement destiné à la lutte contre le feu bactérien. EPPO Bulletin, 1991, 21, pp.561-571. hal-01601594

HAL Id: hal-01601594

<https://hal.science/hal-01601594>

Submitted on 1 Jun 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - ShareAlike 4.0 International License

Système d'avertissement destiné à la lutte contre le feu bactérien¹

par C. JACQUART-ROMON et J. P. PAULIN*
Météo France, Subdivision d'Agrométéorologie, 2, avenue Rapp,
75341 Paris Cedex 07 (France)

*INRA—Station de Pathologie Végétale, rue Georges Morel, 49070 Beaucozéz (France)

Une des principales difficultés de la lutte contre le feu bactérien est liée à l'irrégularité de la gravité de la maladie, qui entraîne une incertitude dans le choix de la décision à prendre. Les systèmes d'avertissement ont pour but de résoudre de telles difficultés. Dans cet article, nous décrivons un système d'avertissement destiné à faciliter la lutte contre le feu bactérien. Un potentiel climatique basé sur des paramètres climatiques passés et sur des prévisions (températures, pluies, orages) est estimé, ainsi qu'un potentiel d'inoculum dérivé de la connaissance précise de l'activité de la maladie dans la région. Les potentiels sont calculés, à partir de données simples et rapidement disponibles, par un programme prévu pour être utilisé sur micro-ordinateur. Ils sont combinés pour déterminer un risque général de feu bactérien, transformé ensuite en conseils pour la lutte. Le système proposé a montré qu'il permet une meilleure lutte contre le feu bactérien du poirier qu'un programme conventionnel, basé sur des pulvérisations à des dates calendaires.

Introduction

Une des difficultés de la lutte contre les maladies bactériennes des plantes est le manque de régularité des infections au cours des années. Ceci est particulièrement vrai dans le cas du feu bactérien, causé par *Erwinia amylovora*, maladie des poiriers, pommiers et Pomoideae ornementales, répandue en Europe et en Amérique du Nord. Un système d'avertissement, visant à aider au choix de mesures de lutte appropriées, est une des réponses possibles à cette difficulté spécifique.

De nombreux auteurs, aux Etats-Unis et en Europe (Mills, 1955; Powell, 1965; Thomson *et al.*, 1975; Billing, 1976, 1987a) ont montré que les facteurs climatiques sont essentiels dans la détermination de la gravité du feu bactérien pour une année et en un lieu donnés. Plusieurs approches ont été proposées, qui tentent de déterminer l'activité de la maladie à partir de la prise en compte de plusieurs catégories de facteurs (liés au verger, à la plante et au climat) (Thomson *et al.*, 1977; Billing, 1978b, 1988; Beer *et al.*, 1984; Steiner, 1990a, b).

Les approches proposées par Billing (1980a, b) en Angleterre, bien que relativement simples d'utilisation, sont probablement les plus complètes. Dans plusieurs pays, le système original de Billing (BOS) (Billing, 1984) a fourni des résultats satisfaisants, utilisé au jour le jour, ou appliqué à l'interprétation de l'évolution de la maladie dans le passé (Billing, 1980a, b; Bazzi *et al.*, 1984; Paulin *et al.*, 1983; Sobiczewski, 1984; Bonn, 1987; Meijneke & van Teylingen, 1981).

Le système d'avertissement décrit ici est basé sur la combinaison d'un potentiel climatique (PC) et d'un potentiel d'inoculum (PI). PC est déterminé par des valeurs dérivées du BOS caractérisant l'activité potentielle de la maladie, associées aux prévisions de certains paramètres météorologiques; PI est estimé principalement à partir de la connaissance de l'activité locale passée et présente de la maladie.

¹ Communication présentée au Symposium conjoint OMM/OEPP/NAPPO sur les applications pratiques de l'agrométéorologie à la protection des végétaux, Firenze (IT), 1990-12-04/07.

Entrées du système d'avertissement

Données climatiques

Les données climatiques sont celles qui sont nécessaires pour le BOS, c'est-à-dire à partir du 02-01 de l'année en cours: températures maximale et minimale quotidiennes et pluie quotidienne (occurrence et hauteur d'eau).

Prévisions du temps

Les prévisions du temps sont nécessaires pour le jour même de l'interrogation et le jour suivant. Ces prévisions sont: températures maximale et minimale quotidiennes, occurrence et quantités quotidiennes de pluie, par rapport à un seuil de 2,5 mm; prévision d'orage. Par 'orage', nous entendons tout événement climatique capable de provoquer des dégâts sur les parties aériennes des arbres fruitiers: nous incluons donc dans 'orage' vent violent et/ou forte pluie, grêle, etc.

Croissance et développement des plantes

La période de végétation des pommiers ou poiriers a été divisée en trois étapes. L'entrée correspondante est, à la date d'interrogation, l'indication du stade de développement atteint par les arbres: stades phénologiques D, E2 ou G de Fleckinger, croissance des pousses, présence de secondes fleurs dans le verger (lorsque au moins 25% arbres portent au minimum un bouquet ouvert).

Activité de la maladie

L'inoculum disponible est supposé être en rapport avec la proximité et l'état des symptômes de feu bactérien préexistants au moment de l'interrogation. Les entrées sont donc en relation avec la localisation des symptômes, dans le temps (jeunes ou vieilles lésions) et dans l'espace (symptômes détectés dans les environs, dans le verger ou dans la parcelle même à protéger contre le feu bactérien). Le mot 'verger' désigne un groupe de parcelles, appartenant à la même exploitation et cultivé de la même manière par la même équipe. Une 'parcelle' est un groupe d'arbres appartenant en principe au même cultivar et plantés dans un même lieu.

Une 'lésion active' est un symptôme dans lequel la bactérie se multiplie rapidement. Cette activité étant dépendante du climat, certaines entrées concernant le climat sont utilisées dans la détermination du niveau d'inoculum, pendant certaines périodes (voir ci-dessous).

Sorties du système d'avertissement

Le système d'avertissement est conçu pour être utilisé entre le 02-01 et le 07-31. Avant le stade phénologique D, la sortie est limitée à une analyse climatique de l'activité potentielle du feu bactérien. Après le stade D, trois types de conseils, adaptés à la situation locale sont fournis par le logiciel:

- (1) pas d'action nécessaire dans la parcelle à protéger,
- (2) visite de la parcelle, de manière à détecter (et détruire) les symptômes qui ont pu apparaître récemment,
- (3) application d'un traitement chimique, pour prévenir des infections (après la taille des symptômes).

Facteurs impliqués dans l'évaluation des risques de feu bactérien

Le niveau de gravité du feu bactérien est le résultat de la combinaison d'au moins trois types de facteurs liés à la plante, au climat et à l'inoculum.

Facteurs liés à la plante

Les risques d'infections diffèrent selon le stade de développement de l'arbre. Dans notre système, il est considéré qu'ils peuvent apparaître de façon notable au stade D. Jusqu'au stade E2 du développement des bourgeons à fleurs, ils restent faibles, car les voies d'infection ne sont pas facilement accessibles à la bactérie. Durant la floraison (stade E2-G), ces risques sont très élevés, les ouvertures naturelles des fleurs permettant à la bactérie d'entrer facilement dans la plante. Ensuite, les risques sont limités à deux périodes, associées à l'état physiologique de l'arbre: croissance des pousses, quand l'extrémité herbacée des pousses peut être infectée par la bactérie à la faveur de microblessures, et floraison secondaire, quand il y a de nouveau présence sur les arbres de fleurs ouvertes.

Cette variabilité des risques associés à la plante est prise en compte dans le calcul (par le BOS) de l'activité potentielle de la maladie: les facteurs climatiques analysés sont différents selon le stade de croissance de la plante. C'est pourquoi la période de réceptivité au feu bactérien est divisée en trois phases: différentes données sont considérées ou les données sont considérées différemment durant ces périodes. Il s'agit de la préfloraison (stade D-E2), de la floraison (stade E2-G), de la postfloraison (après le stade G).

Facteurs climatiques

Au jour de l'interrogation, les données climatiques passées (depuis le 02-01) ainsi que les prévisions pour le jour même et le jour suivant sont traitées selon le BOS pour l'analyse climatique. Selon cette analyse et les prévisions climatiques, un potentiel climatique (PC) est déterminé pour les 2 jours suivants. Ce potentiel est compris entre 1 (risque climatique bas) et 4 (risque climatique élevé).

Durant la période de préfloraison, la température influence fortement l'augmentation de la population bactérienne dans les lésions issues des infections de l'année précédente: à ce stade, l'eau disponible n'est pas considérée comme un facteur limitant de la multiplication bactérienne. Les infections sont associées aux événements climatiques provoquant des blessures (orage). Le but des mesures de lutte est donc de limiter le niveau d'inoculum. Les doublements potentiels de la population bactérienne (PD) et la fin des périodes d'incubation (cycles) (I), calculées selon le BOS, sont les bases de la détermination du potentiel climatique (PC) (tableau 1).

Durant la période de floraison, la définition des conditions d'infection est de la plus grande importance: pluie et température associées jouent un rôle important. Un jour où l'une des conditions suivantes est satisfaite: $PD \geq 9$, $3,5 \leq PD \leq 7$ avec pluie, pluie $\geq 2,5$ mm peut être un jour d'infection (Billing, 1980a). Un orage peut également causer une infection, quelle que soit la température ou la quantité de pluie qui lui sont associées. En outre, le succès de l'infection dépend de la quantité de bactéries disponibles. Celle-ci est estimée par le nombre de fins de périodes d'incubation (BOS). Il a été montré que le rang du cycle (I) durant la floraison est un indicateur de l'augmentation potentielle de l'inoculum (Jacquart-Romon *et al.*, 1984) (tableau 1).

Durant la postfloraison, les événements climatiques permettant l'infection diffèrent selon le site d'infection (pousse en croissance ou non, ou fleur secondaire) (tableau 1).

Tableau 1. Détermination du potentiel climatique (PC) du feu bactérien durant la préfloraison, la floraison et la postfloraison

Determination of the climatic potential (PC) of fireblight during the pre-flowering, flowering and post-flowering periods

Prévisions	PC
<i>Préfloraison</i>	
—aucun des événements ci-dessous	1
—PD \geq 9	2
—fin de cycle ou 2 PD \geq 9	3
—fin de cycle et 2 PD \geq 9 ou orage	4
<i>Floraison</i>	
Pas de fin de cycle	
—aucun des événements ci-dessous n'est prévu	1
—PD \geq 9, ou orage, ou autres conditions d'infection	2
—2 PD \geq 9	3
—orage et PD \geq 9 ou autres conditions d'infection, ou pluie \geq 2,5 mm	3
Fin de cycle (J - 1, J, J + 1)	
—pas d'autre événement prévu	rang du cycle + 2
—une condition d'infection prévue	rang du cycle + 3
<i>Postfloraison</i>	
Pas de croissance de pousses	
—pas d'orage	1
—orage	2
Croissance de pousses	
—ni pluie \geq 2,5 mm, ni orage	1
—pluie \geq 2,5 mm	2
—orage	3
Fleurs secondaires	
—ni pluie, ni orage, ni PD \geq 9	1
—pluie \geq 2,5 mm, ou PD \geq 9	2
—orage	3

Facteurs liés à l'inoculum

Des relevés de l'activité présente de la maladie, et de son passé, dans les environs du verger et/ou de la parcelle sont utilisés comme base de l'estimation d'un potentiel d'inoculum (PI) (tableau 2). Durant la période de postfloraison, dans le cas où aucun symptôme n'est visible, un PI est déterminé par la prise en compte de l'activité potentielle climatique de la maladie durant la période de floraison et durant les 15 j précédant l'interrogation. Ceci a pour but:

- (1) d'intégrer le rôle important de l'activité de la maladie durant la période de floraison sur le développement ultérieur du feu bactérien dans le verger,
- (2) de prendre en compte le fait que certaines conditions climatiques durant la floraison peuvent provoquer une activité de la maladie qui reste indétectable pendant quelque temps, mais qui est cependant une source de bactéries pour de nouvelles infections. Les échelles des potentiels d'inoculum sont indiquées au tableau 2.

Tableau 2. Détermination du potentiel d'inoculum (PI) durant la préfloraison, la floraison et la postfloraison
 Determination of the inoculum potential (PI) of fireblight during the pre-flowering, flowering and post-flowering periods

Observations ou calcul	PI
<i>Préfloraison et floraison</i>	
Maladie absente de la région	1
Maladie présente dans la région et:	
—non repérée sur l'exploitation l'année précédente	2
—repérée sur l'exploitation l'année précédente	3
Maladie présente cette année sur l'exploitation et:	
—activité observée avant la floraison	4
—activité observée dans l'environnement de la parcelle lors de la floraison	4
—activité observée sur la parcelle lors de la floraison	5
<i>Postfloraison</i>	
Pas de symptôme jeune actif observée pendant les 15 j qui précèdent la consultation	
—rang atteint pendant la floraison < 2 et rang atteint pendant les 15 derniers j < 2	1
—rang atteint pendant la floraison < 2 et rang atteint pendant les 15 derniers j ≥ 2	2
—rang atteint pendant la floraison ≥ 2 et rang atteint pendant les 15 derniers j < 2	2
—rang atteint pendant la floraison ≥ 2 et rang atteint pendant les 15 derniers j ≥ 2	3
Symptômes jeunes actifs observés dans la parcelle dans les 15 derniers j et supprimés	3
Symptômes jeunes actifs observés dans le proche voisinage de la parcelle durant les 15 derniers j et non supprimés	3
Symptômes jeunes actifs observés sur la parcelle dans les 15 derniers j et non supprimés	4

Décision

Les potentiels de risques climatiques et de risques d'inoculum sont combinés différemment, durant ces trois périodes, pour obtenir un niveau général de risque. Ce niveau détermine le type de mesures de lutte qui doit être pris. Les différentes combinaisons du PC avec le PI pour les périodes de préfloraison, floraison et postfloraison sont données dans le tableau 3.

Pour être pleinement efficaces, les traitements contre le feu bactérien avec les produits disponibles actuellement doivent être appliqués avant que l'infection ne se réalise. Ils sont recommandés par le logiciel quand des conditions d'infections sont prévues et quand, simultanément, un niveau d'inoculum élevé est attendu à partir des observations des symptômes et/ou des conditions climatiques.

Les visites conseillées dans les vergers ont pour but de réaliser un assainissement par la taille des symptômes. Elles sont recommandées quand l'expression des symptômes est prévue, selon les analyses de risques, de manière à conseiller à l'arboriculteur de vérifier l'état sanitaire de son verger à la bonne période. Il évite ainsi des visites inutiles, et coûteuses si elles sont faites à contretemps.

Durant la floraison, un soin spécial est pris si des insectes pollinisateurs sont présents et actifs: des traitements préventifs sont recommandés quand à la fois des symptômes et une activité des insectes sont observés dans le verger.

Durant la postfloraison, dans le cas de risques d'infection dus à la présence de fleurs secondaires, il est toujours préférable de détruire les fleurs à la main, si cela est économiquement réalisable, plutôt que d'appliquer un traitement chimique.

Tableau 3. Tables de décision pour le feu bactérien durant les périodes de préfloraison, de floraison et de postfloraison

Fireblight decision tables for the pre-flowering, flowering and post-flowering periods

<i>Préfloraison</i>		PC			
PI	1	2	3	4	
1	R	R	R	R	
2	R	R	R	V	
3	R	V	V	T	
4	R	V	T	T	

<i>Floraison</i>		PC					
PI	1	2	3	4	5	6	
1	R	R	R	R	V	V	
2	R	R	R	R	V	T	
3	R	R	V	V	T	T	
4	R	R(*)	V(*)	T	T	T	
5	R(*)	T	T	T	T	T	

<i>Postfloraison</i>		PC		
PI	1	2	3	
1	R	R	R	
2	R	R/V*	V	
3	R	V	T**	
4	R	T**	T**	

(*) traitement si des insectes pollinisateurs et des symptômes sont présents dans le verger.

* seulement si des fleurs secondaires sont présentes.

** et/ou détruire les fleurs secondaires.

PC—potentiel climatique (tableau 1);

PI—potentiel d'inoculum (tableau 2);

R—pas d'action à entreprendre;

V—visite de la parcelle pour rechercher (et supprimer) les symptômes;

T—traitement avec un produit chimique approprié.

Verger—groupe de parcelles incluses dans la même exploitation, proches les unes des autres, et cultivées de la même manière par la même équipe.

Parcelle—ensemble d'arbres appartenant habituellement au même cultivar, planté dans le même site.

N.B. Quand une seule parcelle contient un cultivar pollinisateur, ou est composée de plusieurs cultivars, si des symptômes sont repérés sur n'importe lequel de ces cultivars durant la période de floraison, noter 5 pour le PI.

Validité des avertissements

Ce logiciel a été expérimenté dans différentes situations climatiques, en France, sur une période de plusieurs années, soit avec des données climatiques d'archives, soit avec des données collectées au jour le jour et des prévisions climatiques. Les résultats de ces expérimentations ont été publiés (Jacquart-Romon & Paulin, 1990). Ils ont permis d'apporter des améliorations progressives au système, dont il est tenu compte dans cet article. D'autres expérimentations sont en cours (P. Lecomte, comm. pers.). Les tendances générales observées sont les suivantes:

- (1) les avertissements fournis par le logiciel sont en accord avec le niveau d'activité observé de la maladie;
- (2) quand les résultats de différents calendriers de traitement ont été comparés en un même lieu (Jacquart-Romon & Paulin, 1990; Lecomte, comm. pers., 1990), l'avantage a toujours été en faveur du programme basé sur les avis du logiciel (moins de traitements pour une efficacité égale), comparé à un programme de routine déterminé d'après la phénologie (trois traitements pour protéger la période de floraison);
- (3) l'avertissement conseillant une visite du verger a souvent prouvé son utilité dans la découverte précoce de symptômes indétectables, dont l'apparition n'aurait pas été attendue par un simple examen des données de pluies et de température. Ces détections précoces sont du plus grand intérêt lorsqu'elles sont suivies de la suppression des symptômes, car elles stoppent la production de l'inoculum et limitent donc les infections ultérieures.

Conditions d'utilisation

Le programme a été conçu pour être utilisé sur un micro-ordinateur compatible IBM-PC, matériel qui est facilement disponible. Cependant, plusieurs conditions doivent être réunies pour une utilisation satisfaisante du système d'avertissement proposé.

Relation entre climat et feu bactérien

Plusieurs caractéristiques de notre système sont partiellement basées sur le BOS. Il est important de souligner qu'une étude préliminaire a d'abord été effectuée dans plusieurs sites en France, durant plusieurs années (données climatiques d'archives et actuelles), afin d'obtenir des informations sur la validité de ce système sous notre climat (Boué, 1984; Callu, 1984; Lecomte *et al.*, 1984; Paulin *et al.*, 1987). Une telle étude est probablement essentielle avant toute tentative d'utilisation du système: bien que le BOS ait fourni aussi des indications utiles sur le développement du feu bactérien dans plusieurs pays (Pologne, Canada, Belgique, Pays-Bas . . .) les mêmes règles et paramètres peuvent ne pas être applicables, sous certains climats, sans adaptation.

Concordance entre prévisions et données climatiques

Les prévisions nécessaires pour faire fonctionner ce système font partie des prévisions météorologiques classiques, excepté celle de la quantité de pluie. Une difficulté spéciale peut provenir de cette prise en compte de la quantité de pluie, qui est plus délicate à prévoir que la simple occurrence de pluie. C'est la raison pour laquelle le logiciel comprend un test automatique pour d'autres valeurs de quantité de pluie, et fournit différents avertissements résultant de ces valeurs.

Les prévisions climatiques doivent être applicables pour la zone où est situé le verger à protéger. Ceci peut être très facilement vérifié par des comparaisons des données collectées dans le verger avec des informations fournies par les stations météorologiques au cours des années.

Des études climatiques, à l'échelle microclimatique, permettent ensuite aux météorologistes locaux de fournir des prévisions pertinentes pour le verger.

La prévision d'une situation orageuse ne permet pas la prédiction de l'occurrence d'un orage en un lieu donné. Pour surmonter cette difficulté, il est recommandé de n'appliquer le traitement conseillé qu'après l'orage. Deckers & Porreye (1984) ont montré qu'un tel traitement demeure utile s'il est appliqué immédiatement après l'orage. Le niveau d'efficacité est cependant réduit si l'intervalle entre l'orage et le traitement excède 24 h.

Collecte des données

Les données climatiques nécessaires au logiciel sont faciles à obtenir, le lieu idéal pour les relever est le verger lui-même. Ces données sont nécessaires quotidiennement, et donc une station météorologique automatique interrogeable par téléphone peut être très utile. Des visites fréquentes du verger restent nécessaires pour la détermination du potentiel d'inoculum.

Niveau d'inoculum

Bien que le rapport entre symptômes visibles et disponibilité d'un inoculum bactérien n'ait pas d'évidence expérimentale directe, la description des symptômes dans le verger reste la seule méthode utilisable actuellement pour déterminer le niveau d'inoculum. Par conséquent, il est essentiel de repérer et d'examiner les symptômes, et de rassembler autant de données que possible sur le passé local de la maladie. De plus, une visite du verger en début d'hiver, puis juste avant le commencement de la période de croissance est une absolue nécessité.

Néanmoins, il peut être quelquefois difficile de savoir si les lésions hébergent ou non la bactérie et permettent sa multiplication. Des améliorations peuvent être donc attendues dans la définition précise de la localisation de symptômes (environs, exploitation, parcelle) ainsi que dans la connaissance du potentiel infectieux que représente la lésion. En outre, notre détermination du potentiel d'inoculum ne prend pas en compte la quantité de symptômes visibles. Elle est donc probablement trop rudimentaire, mais nous n'avons pas été capables d'améliorer cette entrée de façon pratique.

Possibilités et efficacité des interventions

Enfin, il faut souligner qu'il n'est intéressant d'utiliser le système d'avertissement que si des visites ou des traitements peuvent être réalisés aussi tôt que possible (moins de 24 h) après que les avertissements ont été donnés. Des produits chimiques contre le feu bactérien sont maintenant disponibles (Garrett, 1990): la streptomycine (Plantomycin) (USA, Canada, Nouvelle-Zélande, Pays-Bas), la fluméquine (Firestop) en France et en Belgique, les produits cupriques, partout où le risque de phytotoxicité peut être pris. D'autres matières actives peuvent le devenir rapidement, comme le phoséthyl Al (Aliette). Il est essentiel d'être prêt à appliquer au moins l'un de ces produits lorsque l'on commence à utiliser ce système, même si l'avertissement pour les visites et les recherches de symptômes fournit déjà, à lui seul, une aide très utile pour la lutte contre le feu bactérien.

La durée pendant laquelle un produit de traitement reste efficace après qu'il a été appliqué sur la plante est variable; elle dépend des caractéristiques du produit, du stade phénologique de la plante et du climat. Il est généralement admis qu'un cumul de pluie de 25 mm est suffisant pour lessiver le produit de la surface de la plante. Ce seuil est pris en compte dans le système d'avertissement. Par ailleurs, la croissance des arbres provoque l'exposition de nouveaux sites non protégés. Les intervalles suivants entre les traitements sont donc recommandés: 3 j en période d'évolution rapide de la floraison, 5 j en période de stabilité de floraison, 15 j en postfloraison.

Conclusion

La valeur d'un tel système résulte d'un équilibre entre les entrées et les sorties. Les entrées doivent être pertinentes, précises, mais en même temps faciles à rassembler à une échelle appropriée (c'est-à-dire au niveau du verger), à un coût acceptable. Les sorties doivent fournir à l'utilisateur un avantage évident quand elles sont comparées à toute autre méthode de détermination des mesures de lutte. Dans le système présenté ici, il semble que ces conditions soient réunies, bien que des progrès puissent être obtenus au moyen d'expérimentations supplémentaires et d'observations de la maladie. En outre, le système tel qu'il est n'utilise pas les données disponibles sur la sensibilité au feu bactérien des pousses et des fleurs des pommiers et poiriers (Thibault & Le Lezec, 1990). L'intégration de ces données dans le système améliorerait sans aucun doute sa précision.

L'approche de Billing (BOS) utilisée comme base dans notre système d'avertissement a été récemment modifiée (Billing, 1990) en BRS (Billing revised system), dont les principes sous-jacents sont les mêmes, mais dans lequel plusieurs modifications ont été effectuées, concernant principalement le calcul des valeurs du PD à partir des températures, ce qui modifie les périodes d'incubation et les conditions climatiques requises pour que les infections se réalisent. L'utilisation de BRS comme base dans notre système n'a pas été testée. Néanmoins, des expérimentations sont actuellement réalisées dans plusieurs sites en France, pour comparer le BRS et le BOS. Les valeurs de seuil pour les températures et la pluie, prises en compte dans notre système, sont confirmées par la concordance du BOS avec les données épidémiologiques du feu bactérien en France: l'utilisation dans le système de valeurs issues du BRS supposerait l'évaluation de nouveaux seuils adéquats. Ceci pourrait être pertinent dans les conditions où le BOS ne donne pas de résultats satisfaisants.

Les informations requises par le logiciel sont recueillies au niveau local: ceci s'applique pour les potentiels climatiques ainsi que pour les potentiels d'inoculum. Le 'niveau local' peut être défini par la parcelle ou le verger ou pour un groupe homogène de vergers du même cultivar, dans une région où les caractéristiques climatiques sont homogènes. De la même manière, les prévisions climatiques ne seront pas précises pour de très grandes surfaces: ces faits expliquent que le système proposé n'est pas destiné à l'utilisation à l'échelle d'une grande région, telle qu'une zone de production. Au contraire, il doit être utilisé au niveau d'un verger.

Dans ces conditions, il peut fournir une aide simple mais efficace pour la lutte contre le feu bactérien, évitant de graves erreurs et donnant des conseils clairs sur la meilleure stratégie à suivre pour la lutte contre le feu bactérien dans un verger donné. Sa disponibilité commerciale auprès des arboriculteurs et du Service de la Protection des Végétaux est actuellement à l'étude.

Remerciements

Nous remercions E. Billing pour les discussions fructueuses que nous avons eues avec elle au cours de ce travail; P. Lecomte, J. C. Lalande (INRA-Angers), F. Roger et P. Larue du Service Régional de la Protection des Végétaux (Paris et Dax) pour les tests efficaces du système sur le terrain. Ce travail doit aussi beaucoup à E. De Lomenie. Une version en anglais de ce texte a été acceptée pour publication dans la revue 'Agronomie' sous le titre: 'A computerized warning system for fireblight control'.

A warning system for the control of fireblight

It is generally accepted that one of the major difficulties in fireblight control is created by the irregularity of disease severity, which leads to uncertainty in making the appropriate decisions. Warning systems are aimed at solving such difficulties. In this paper, we describe a warning system for fireblight control: a climatic potential based on past and forecast selected climatic

parameters (temperature, rainfall, storms) is estimated, as well as an inoculum potential derived from a precise knowledge of disease activity in the area. These potentials are calculated from simple and readily available inputs by a programme designed for use on micro-computers, which outputs an overall fireblight risk, which is in turn translated into advice for control of the disease. The proposed system has proved to ensure better control of fireblight of pear than conventional calendar-based spray programmes.

Роль системы оповещений в комплексе мероприятий защиты от бактериального ожога

Основное препятствие в борьбе с бактериальными ожогами заключается в нерегулярности интенсивности заболевания, в результате чего становится затруднительным принятие правильного решения по проведению соответствующих мероприятий. Подобные трудности могут быть разрешены с помощью системы оповещений. Ниже приводится описание системы, цель которой — сделать более доступным проведение мероприятий защиты от бактериального ожога. Было проведено определение климатического потенциала на основании климатических параметров за прошедший период и прогнозных данных (температура, дождевые осадки, грозы), а также потенциала инокулята, потребовавшего точной оценки активности заболевания в данном районе. Проведены расчеты потенциалов на основании простых для применения, легко и быстро доступных данных, с помощью компьютера с соответствующим программным обеспечением. В целом вышеуказанный подход позволил установить общую степень риска заболевания и сформулировать консультационные рекомендации по борьбе. В частности, было показано, что вышеописанная система обеспечивает более успешное управление бактериальным ожогом груши, нежели мероприятия в рамках общепринятой программы, по которой опрыскивания производятся по установленным календарным датам.

Bibliographie

- BAZZI, C., GASSER, M. & MAZZUCCHI, U. (1984) Weather analysis with Billing's spring system in relation to the potential risk of fireblight outbreaks in Italy. *Acta Horticulturae* no. 151, 97–106.
- BEER, S.V., SCHWAGER, S.J., NORELLI, J.L., ALDWINKLE, H.S. & BURR, T.J. (1984) Towards a practical warning system for fire blight blossom infections. *Acta Horticulturae* no. 151, 23–36.
- BILLING, E. (1976) Weather and fireblight in England. *Annals of Applied Biology* **82**, 259–266.
- BILLING, E. (1978a) Developments in fireblight prediction in south-east England. In *Plant Disease Epidemiology* (eds Scott, P.R. & Bainbridge, A.), pp. 159–166. Blackwell, Oxford (GB).
- BILLING, E. (1978b) The assessment of the potential for fireblight activity from daily temperature and rainfall data. In *Proceedings 4th International Conference on Plant Pathogenic Bacteria*, vol. II, pp. 523–524. INRA, Angers (FR).
- BILLING, E. (1980a) Fireblight in Kent, England, in relation to weather (1955–1976). *Annals of Applied Biology* **95**, 341–364.
- BILLING, E. (1980b) Fireblight (*Erwinia amylovora*) and weather: a comparison of warning systems. *Annals of Applied Biology* **95**, 365–377.
- BILLING, E. (1984) Principles and applications of fireblight risk assessment systems. *Acta Horticulturae* no. 151, 15–22.
- BILLING, E. (1988) Developments in fireblight risk assessment. *Aspects of Applied Biology* **17**, 255–256.
- BILLING, E. (1990) Fireblight concepts and a revised approach to risk assessment. *Acta Horticulturae* no. 273, 163–170.
- BONN, W.G. (1987) Potential for fire blight activity in Ontario. *Acta Horticulturae* no. 217, 101–112.
- BOUÉ, H. (1984) Climate and fireblight in the Garonne valley (1978–1982). *Acta Horticulturae* no. 151, 107–112.
- CALLU, D. (1984) Situation du feu bactérien en France (1982–1983). *Acta Horticulturae* no. 151, 317–323.
- DECKERS, T. & PORREYE, W. (1984) Chemical control of *Erwinia amylovora* in pear orchards. *Acta Horticulturae* no. 151, 215–221.
- GARRETT, C.M.E. (1990) Control of fireblight. In *Fireblight of Pomoideae (1978–1988)*, pp. 54–78. EUR 12601. CECA-CEE-CEEA, Luxembourg.

- JACQUART-ROMON, C. & PAULIN, J.P. (1990) Preliminary experimentation of a computerized warning system for the control of fireblight. *Acta Horticulturae* no. 273, 131–137.
- JACQUART-ROMON, C., PAULIN, J.P. & PAYEN, D. (1984) Climatic assessment of the risks of fireblight at bloom. *Acta Horticulturae* no. 151, 129–135.
- LECOMTE, P., LARUE, P. & PAULIN, J.P. (1984) Climate and fireblight in the Dax area (1977–1982). *Acta Horticulturae* no. 151, 113–119.
- MEIJNEKE, C.A.R. & VAN TEYLINGEN, M. (1981) The development of fireblight in the Netherlands during 1979 and its explanation by the system Billing. *Acta Horticulturae* no. 117, 25–30.
- MILLS, W.D. (1955) Fire blight development on apple in western New York. *Plant Disease Reporter* **39**, 206–207.
- PAULIN, J.P., LECOMTE, P., BOUÉ, M., CALLU, D. & LARUE, P. (1983) Climat et feu bactérien: essai d'application du 'système 1' de Billing dans les conditions françaises. *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin* **13**, 283–289.
- PAULIN, J.P., LACHAUD, G. & CHARTIER, R. (1987) Results of spray experiments on the control of fireblight. *Acta Horticulturae* no. 217, 239–242.
- POWELL, D. (1965) Factors influencing the severity of the fire blight infections on apple and pear. *Michigan State Horticultural Society Annual Meeting Report* **94**, 1–7.
- SOBICZEWSKI, P. (1984) Study on fireblight forecasting. *Acta Horticulturae* no. 151, 91–95.
- STEINER, W.P. (1990a) Predicting apple blossom infections by *Erwinia amylovora* using the MARYBLIT model. *Acta Horticulturae* no. 273, 139–148.
- STEINER, W.P. (1990b) Predicting cankers, shoot and trauma blight phases of apple fire blight epidemics using the MARYBLIT model. *Acta Horticulturae* no. 273, 149–158.
- THIBAUT, B. & LE LEZEC, M. (1990) Sensibilité au feu bactérien des principales variétés de pommier et de poirier utilisées en Europe. In *Fireblight of Pomoideae (1978–1988)*, pp. 96–109. EUR 12601. CECA-CEE-CEEA, Luxembourg.
- THOMSON, S.V., SCHROTH, M.N., MOLLER, W.J. & REIL, W.O. (1975) Occurrence of fire blight of pears in relation to weather and epiphytic populations of *Erwinia amylovora*. *Phytopathology* **65**, 353–358.
- THOMSON, S.V., SCHROTH, M.N., MOLLER, W.J., REIL, W.O., BEUTEL, J.A. & DAVIS, C.S. (1977) Pesticide applications can be reduced by forecasting the occurrence of fire blight bacteria *Erwinia amylovora* on pears. *California Agriculture* **31** (10), 12–14.

