

Le chancre citrique à l'île de la Réunion.

B. AUBERT, J. LUISETTI, E.L. CIVEROLO,
Th. CADET et E. LAVILLE*

LE CHANCRE CITRIQUE A L'ILE DE LA REUNION
B. AUBERT, J. LUISETTI, E.L. CIVEROLO, Th. CADET
et E. LAVILLE

Fruits, nov. 1982, vol. 37, n° 11, p. 705-722.

RESUME - L'article rend compte du premier travail de recherche engagé sur la bactérie responsable du chancre citrique : *Xanthomonas campestris* pv. *citri* (HASSE, 1915) DYE 1978, à l'île de la Réunion. Cette maladie est quelquefois très difficile à diagnostiquer par simple observation visuelle en raison des risques de confusion avec diverses affections non bactériennes. C'est pourquoi une clef de détermination est proposée sous forme d'un tableau synoptique.

Les auteurs exposent ensuite les résultats d'isolement et de caractérisation de 5 souches réunionnaises de *X.c.* pv. *citri*. L'une d'elle, la souche XC 163 a fait l'objet d'une série d'inoculations expérimentales sur plusieurs plantes tests appartenant au genre *Citrus*. L'espèce *Citrus volkameriana* TEN. et PASQ. s'est avérée l'une des plus commodes pour les études d'infection expérimentale.

L'obtention d'un immunosérum a permis de rechercher des germes sur des «porteurs apparemment sains» de *Citrus* et de Rutacées sauvages par la technique de l'immunofluorescence.

Les méthodes prophylactiques actuellement employées, ou à développer pour lutter efficacement contre cette bactériose sont discutées.

INTRODUCTION

Le chancre citrique, connu également sous l'appellation de «Citrus canker» dans les pays anglo-saxons, ou «Citrus bacterial canker disease» (CBCD), est une affection bactérienne occasionnée par un germe Gram négatif : *Xanthomonas campestris* pv. *citri* (HASSE, 1915) DYE, 1978.

Cette maladie peut provoquer d'importantes baisses de rendements. Elle freine aussi considérablement les échanges commerciaux en raison des sévères dépréciations de fruits qu'elle occasionne, ainsi que des mesures de quarantaine susceptibles de toucher les pays contaminés.

Le chancre citrique est endémique dans toute l'Asie du Sud-est, jusqu'en Indonésie, aux Philippines et en Polynésie. Dans ces régions sévit la forme A de chancre citrique ou forme commune. Les souches asiatiques sont virulentes et peuvent s'attaquer aux genres *Poncirus* et *Citrus* ainsi qu'à leurs hybrides, mais plus rarement au genre *Fortunella* (PELTIER, 1920). Elles arrivent aussi à se développer sur de nombreuses Rutacées sauvages (PELTIER, 1920 ; JEHLE, 1917 ; JEHLE, 1918 ; CALAVAN, 1956). Leur pouvoir infectieux s'exerce non seulement au niveau des blessures d'épiderme (piqûres, frottements), mais également par pénétration à travers les stomates des jeunes feuilles ou les lenticelles des fruits.

* - B. AUBERT - IRFA - B.P. 180 - 97455 SAINT PIERRE Cedex Ile de la Réunion.

J. LUISETTI - Laboratoire Phytobactériologie - INRA - Domaine du Beaucozézé - route de St-Clément - 49000 ANGERS (France).

E.L. CIVEROLO - USDA ARS NER - HSI Fruit Laboratory - BARC-WEST - BELTSVILLE Maryland 20707 (USA).

Th. CADET - Laboratoire de Botanique - Centre Universitaire du Chaudron - 97490 SAINTE CLOTILDE (Ile de la Réunion)

E. LAVILLE - Laboratoire de Phytopathologie - IRFA-GERDAT, B.P. 5035 - 34032 MONTPELLIER Cedex (France).

En Amérique du sud, principalement Argentine, on connaît une forme B de chancre citrique qui se distingue de la forme A par divers caractères pathologiques, biochimiques et sérologiques (DU CHARME, 1951 ; GOTO et al., 1980). Les souches appartenant à la forme B sont moins virulentes, et ne se développent le plus souvent que sur des lésions (blessures diverses, effets abrasifs dus au vent, dégâts de grêle ...). Le citronnier *Citrus lemon* (L.) BURM. est une des espèces les plus sensibles à la forme B, dont la gamme d'hôtes est assez étendue, bien qu'elle n'implique ni le grapefruit ni l'oranger. STALL (comm. pers.) considère les souches B comme des formes atténuées des souches A. Lorsque ces dernières sont présentes il y a peu de chance d'arriver à isoler une forme B. Au Brésil, NAMEKATA (1971 et 1972), a signalé la présence d'une forme C très virulente sur lime mexicaine, *Citrus aurantifolia* TAN., et pouvant attaquer également le bigaradier *Citrus aurantium* L., mais pas les autres agrumes. Cette forme C occasionne des réactions d'hypersensibilité sur tabac.

Zone Afrique-Océan Indien.

Le chancre citrique a fait son apparition en Afrique australe au début du siècle. Il a été éradiqué d'Afrique du sud et de Rhodésie (actuel Zimbabwe) entre 1916 et 1927 (BRODRICK et LOEST, 1975), mais semble encore présent au Mozambique.

La date exacte à laquelle cette affection serait apparue dans l'Est de Madagascar reste inconnue. Dès 1957 BITAN-COURT mentionnait sa présence à l'île Maurice et aux Seychelles. BRUN (1966) puis PRALORAN (1968) la signalaient à l'île de Mohéli dans l'archipel des Comores, et

MOREIRA l'identifiait à l'île de la Réunion en 1967. D'après JULIEN (1972), l'introduction de cette bactérie à Maurice remonterait aux années 1920, époque où de fortes attaques auraient été enregistrées sur lime mexicaine dans la région de Flacq.

Cas de l'île de la Réunion.

Au cours de ces quinze dernières années, le chancre citrique n'avait pas montré à la Réunion de virulence particulière. Les attaques en vergers ou dans les jardins restaient surtout limitées au grapefruit *Citrus paradisi* MCF à la lime mexicaine, ou au combava *Citrus hystrix* DC. Les nouvelles lignées SRA de mandariniers, orangers, citronniers ou limettiers, introduites de Corse en 1967, ne s'étaient pas montrées particulièrement sensibles. BOVE et CASSIN (1968) estimaient que l'éradication de cette maladie, en arrachant et brûlant les agrumes de l'île puis en instaurant une sévère quarantaine avant replantation, représentait une opération disproportionnée aux objectifs relativement modestes du développement agrumicole local. Quelques années plus tard, BRUN (1970) observait à son tour la maladie dans l'île mais remarquait sa faible virulence. Une souche réunionnaise de chancre citrique était d'ailleurs envoyée à la collection de référence d'Angers en 1976. Tout au long de la décade 1970-1980 les attaques de *X. campestris* pv. *citri* sont restées sporadiques, n'apparaissant en général qu'en saison estivale de janvier-février, principalement dans la zone littorale «au vent». L'application de sels de cuivre renouvelée en deux ou trois fois permettait de maîtriser ces attaques sans trop de difficultés.

Depuis le début de l'année 1980, époque du passage dans l'île du cyclone HYACINTHE, on a assisté à une importante

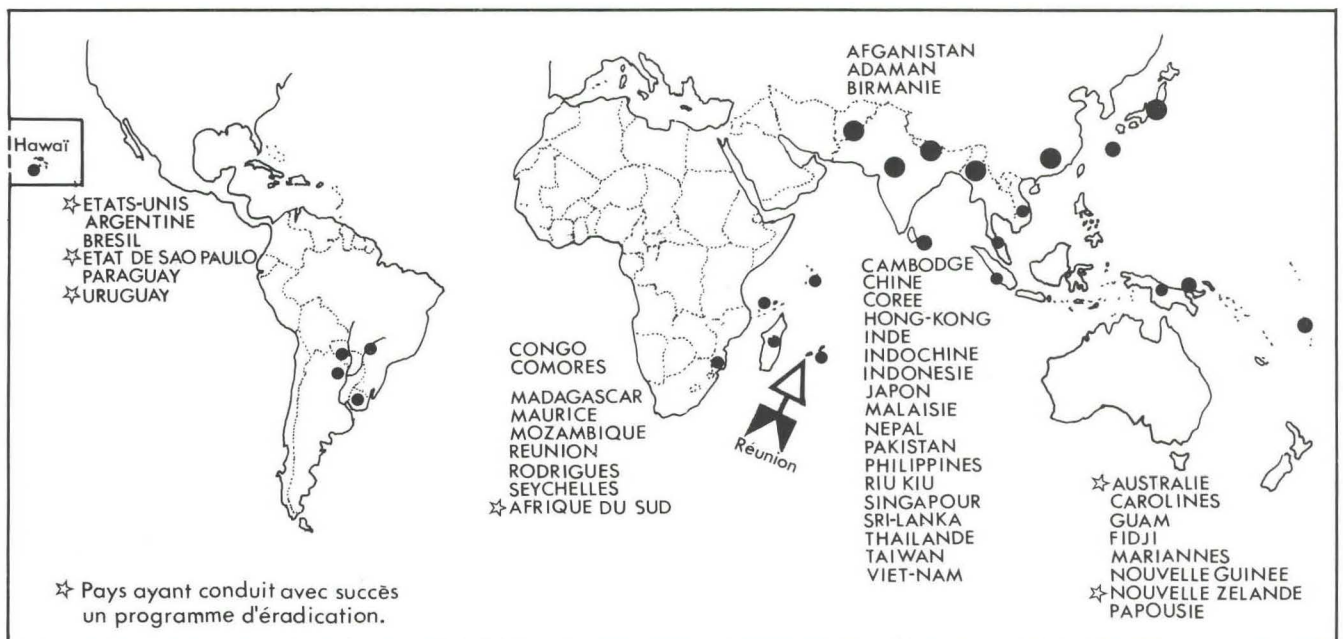


Fig. 1 • LISTE DES PAYS HEBERGEANT OU AYANT HEBERGE LE CHANCRE CITRIQUE.

Fig. 2 • SYMPTOMES DE CHANCRE CITRIQUE COMPARES A D'AUTRES MALADIES BACTERIENNES OU FONGIQUES.

Agent causal	Caractéristiques				sur fruits	traitement
	sur feuilles	sur rameaux	sur fruits			
Chancres citrique (bactérie) <i>Xanthomonas campestris</i> pv. <i>citri</i>				Pas de déformation des feuilles en général. Attaques souvent alignées. En coupe : 1. Jeune attaque sur variétés très sensibles : citron Galet, combava, Hamlin. 2. Vieilles attaques sur variétés sensibles. 3. Jeunes attaques sur variétés sensibles. Aureole jaune autour de la pustule pour la plupart des citrus. - En général, pas d'aureole jaune autour de la nécrose. - Attaques plus fréquentes sur la face inférieure du limbe. Le côté du limbe opposé à l'attaque se déprime. - Déformations de feuilles.	chancres sur bois et sur épinnes souvent alignées le long d'une blessure	bouillies cupriques à appliquer juste après la poussée végétative au stade chute des pétioles
Scab du bigaradier (champignon) Forme parfaite : <i>Elsinoe faucei</i> JENK. Forme confidienne : <i>Sphaceloma faucei</i> JENK.				- Pustules soulevant l'épiderme des 2 faces du limbe vers la périphérie entourées d'une aureole jaune. - Centre de la nécrose déprimé et se desséchant. - Aspect voisin de chancres citrique.	grosses pustules déformant le fruit	bouillies cupriques ou Benomyl ou Captafol
Cercospora (champignon) <i>Cercospora angolense</i>				- Cellules de l'épiderme remplies de gomme, qui se soulèvent. - La feuille donne la sensation de papier de verre au toucher.	attaques sur jeunes fruits occasionnant des échauffements	bouillies cupriques ou Benomyl ou Captafol
Mélanose (champignon) <i>Diaporthe citri</i> (FAW)				- Attaques sur limes, citronniers, bigaradiers, mandarinières déformant les feuilles. - Aureole jaune autour des nécroses qui dépriment le limbe. - Attaques sur jeunes feuilles	grosses taches apparaissant souvent d'un même côté du fruit	bouillies cupriques à appliquer au stade chute des pétioles (comme pour traitement chancres) ou Benomyl
Greasy spot (champignon) <i>Mycosphaerella citri</i>				Taches noires sur le limbe, lisses au toucher.	taches noires sur fruit	attaques juste après les pluies Cuivre ou Benomyl, Zinèbe, Ferbarne
<i>Cephaleuros virescens</i> (algue) Lichens				Taches rondes couleur rouille.	quelques taches rondes couleur rouille	Cuivre
<i>Botrytis cinerea</i>					chute de fruits à la nouaison. Déformation des fruits restant en place	traitement au Zinèbe au stade pleine floraison
Black spot (champignon) <i>Guignardia citricarpa</i> <i>Phoma citricarpa</i>				Petites taches noires à la face inférieure des feuilles.	taches noires en dépression sur le fruit	bouillies cupriques au stade fruits de la grosseur d'une balle de ping pong ou Mancozèbe

Pour mémoire : Bactériose à *Pseudomonas syringae* VAN HALL - Lépreuse transmise par *Brevipalpus odoratus* DON. - Attaques d'acariens *P. latus* et de thrips.

recrudescence de cette maladie. Les germes bactériens se sont développés à la faveur des blessures de feuilles, de fruits ou de rameaux, entraînant une augmentation brutale du taux d'inoculum dans certains vergers. Les pépinières n'ayant pas été épargnées par ces attaques, la bactérie s'est trouvée disséminée dans des secteurs encore peu atteints, à la suite des transports de plants précocement contaminés. Des foyers particulièrement redoutables se sont constitués sur des parcelles de limes mexicaines installées dans des expositions très ventées, sans protection de brise-vent.

*
* *

Nous nous proposons ici de décrire les différentes manifestations pathologiques du chancre citrique observées à l'île de la Réunion. On insistera tout d'abord sur la difficulté du diagnostic par simple observation visuelle. Les risques de confusion sont assez fréquents avec d'autres affections non bactériennes. L'isolement et la caractérisation de plusieurs souches réunionnaises de *X.c. pv. citri* seront ensuite exposés, ainsi que les résultats d'inoculations expérimentales effectuées sur plusieurs espèces appartenant au genre *Citrus*. On discutera également du problème posé dans l'île par les populations de Rutacées sauvages qui peuvent héberger *X.c. pv. citri*. Enfin seront abordées les méthodes prophylactiques actuellement employées, ou à développer pour lutter efficacement contre cette bactériose.

DEGATS OCCASIONNES PAR *XANTHOMONAS CAMPESTRIS* PV. *CITRI* COMPARES A CEUX D'AUTRES AFFECTIONS

Les pustules chancreuses peuvent prendre des aspects très divers, notamment au niveau des feuilles et des fruits, selon les différentes espèces ou variétés d'agrumes. Par ailleurs l'intensité des attaques dépend en grande partie des conditions climatiques (vent, humidité, température). Le vieillissement des feuilles enfin peut entraîner des modifications dans l'aspect des nécroses.

L'isolement de l'agent causal, puis sa réinoculation expérimentale sont donc indispensables si l'on veut éviter des confusions avec divers symptômes d'attaques non bactériennes.

Dans le cas du chancre citrique cette démarche s'avère particulièrement importante. En effet, les pustules chancreuses sur feuilles et sur fruits occasionnés par *X.c. pv. citri* ressemblent quelquefois d'assez près à ceux du Scab ou du *Cercospora*. On trouvera sur la figure 2 plusieurs clefs de détermination pouvant faciliter le diagnostic de l'une ou de l'autre affection. En zone humide il arrive de confondre des colonies d'algues bien incrustées sur le limbe, avec des attaques de chancre citrique.

Par ailleurs, il est fréquent d'isoler d'une même lésion non seulement des germes bactériens, mais aussi un ou plusieurs champignons pathogènes. Ainsi, dans les conditions de l'île de la Réunion on a trouvé sur feuilles d'oranger ou

de limettier des nécroses atypiques qui ont fourni des germes de *X.c. pv. citri* en même temps que le *Mycosphaerella* du greasy-spot ou le *Colletotrichum* de l'anthracnose. L'isolement de *Colletotrichum gloeosporioides* ne surprend guère puisqu'il s'agit d'un champignon de blessure. Il ne semble pas modifier sensiblement l'aspect des nécroses chancreuses. Par contre, le faciès greasy-spot + *X.c. pv. citri* est apparu très différent de celui de *X.c. pv. citri* seul, comme on le verra plus loin.

Il faut mentionner aussi l'action de certains ravageurs s'attaquant aux fruits. Les piqûres d'acariens par exemple peuvent contribuer à la dissémination de *X.c. pv. citri* sur les citrons, et provoquer l'apparition d'un type d'encroûtement particulier.

Les confusions avec des attaques non bactériennes sont d'ailleurs plus fréquentes dans le cas des fruits que dans celui des feuilles ou des rameaux. Au Brésil les dégâts de la léprose transmise par *Brevipalpus odoratus* DON. sur les oranges ou les citrons peuvent ressembler à des attaques de *X.c. pv. citri* (ROSSETTI, 1981). Pour toutes ces raisons, la prudence s'impose lorsqu'on cherche à identifier le chancre citrique par simple observation visuelle.

ISOLEMENT DE *XANTHOMONAS CAMPESTRIS* PV. *CITRI* ET TRANSMISSION EXPERIMENTALE

Isolément.

Plusieurs souches réunionnaises de *X.c. pv. citri* ont été isolées à partir des lésions observées sur orangers, combavas, citronniers, limettiers, mandariniers et pomelos. Après grattage des pustules chancreuses dans 2 à 3 ml d'eau distillée stérile, on a étalé une goutte de suspension sur milieu LPGA coulé en boîte de Pétri. Il a été souvent difficile de cloner les colonies jaunes qui apparaissaient après environ 72 heures d'incubation à 28°C, en raison de la présence très fréquente de bactéries saprophytes comme *Enterobacter agglomerans* (*Erwinia herbicola*). On a vérifié que ce germe donnant des colonies blanches et dont la croissance est beaucoup plus rapide que celle de *X.c. pv. citri*, n'occasionne pas de lésions pustuleuses après réinoculation sur feuilles d'agrumes.

Plusieurs souches réunionnaises de *X.c. pv. citri* sont entrées à la collection de référence de l'INRA d'Angers. On mentionnera notamment les 5 suivantes : JA 143, JA 151.1, JA 151.5, JA 162.5 et JA 163. Elles ont été envoyées à la collection du HSI de Beltsville (USA). Plus récemment, LAVILLE (1982), a isolé 23 autres souches réunionnaises, et étudié leurs caractères physiologiques, biochimiques, sérologiques et lysotypiques.

On a constaté que certaines souches réunionnaises réagissaient sérologiquement avec la souche A de chancre citrique NCPPB XC 62 isolée au Japon, cela aussi bien au test d'immunoagglutination, en observation par immunofluorescence, qu'au test ELISA. Ces parentés sérologiques sont en outre complétées d'une similitude du DNA plasmidial analysé par la technique de l'électrophorèse, du moins pour

les souches JA 143, JA 151.5 et JA 162.5 (CIVEROLO, 1982).

Aucune des souches réunionnaises isolées jusqu'ici ne présente de parenté avec la forme B de chancre citrique (souches NCPPB XC 64 ou CX 69). Par contre, un troisième groupe de souches réunionnaises se trouve apparenté sérologiquement au chancre C (souche NCPPB XC 70 isolée au Brésil). Elles partagent avec XC 70 une analogie de contenu plasmidial ainsi qu'une sensibilité comparable aux bactériophages CP₁, CP₂ et CP₃ (CIVEROLO, 1982).

Dans les essais d'inoculation expérimentale qui sont décrits ci-dessous, on a utilisé la souche JA 143 dont les caractères sont très voisins de la forme A. Cette souche est insensible aux phages CP₁ et CP₃ mais réagit au phage CP₂.

Matériel et méthode d'inoculation.

Trois techniques d'inoculation expérimentale sur feuilles ont été comparées : les blessures par frottement avec un abrasif (le carborandum), les piqûres et l'injection à la seringue.

Des semis de *Citrus volkameriana* TEN et PASQ âgés de 18 mois ont servi de plantes tests. La culture a été effectuée à l'abri des contaminations de *X.c. pv. citri* dans des pots contenant 1/3 de sable, 1/3 de tourbe et 1/3 de billes de polystyrène. On a utilisé pour les inoculations la souche X 143 isolée du combava et avec laquelle des suspensions ont été réalisées dans l'eau distillée stérile de façon à obtenir des gammes de concentration allant de 10⁴ à 10⁹ germes par ml.

Les plantes inoculées étaient maintenues en ombrière sous une humidité relative voisine de la saturation et une température moyenne de 28°C le jour et 20,8°C la nuit. Dans le cas de l'inoculation par carborandum, on a saupoudré la feuille avec cet abrasif préalablement autoclavé, puis on a étalé une goutte de suspension sur la face supérieure en frottant avec une pipette Pasteur stérile. Les piqûres ont été réalisées avec l'appareil présenté sur la photo 3 planche I, qui permet d'effectuer 35 piqûres en une seule application. Les épingles étaient préalablement flambées dans l'alcool, puis refroidies et trempées dans la solution bactérienne.

Dans l'injection à la seringue, l'aiguille a été plantée du côté de la face inférieure près de la nervure centrale, en exerçant une pression avec le doigt de l'autre côté de la feuille au niveau de la perforation. Dans ces conditions, on arrive à faire diffuser le liquide entre deux nervures secondaires.

Toutes ces inoculations expérimentales ont été conduites sur des feuilles nouvellement matures âgées de 2 à 10 mois.

En dehors de *C. volkameriana* qui a été utilisé pour les inoculations de routine, d'autres agrumes cultivés dans les mêmes conditions, ont fait l'objet de transmissions expérimentales : notamment le combava *Citrus hystrix* D.C., la lime mexicaine *Citrus aurantifolia* TAN, le bigaradier *Citrus aurantium* L., le *Poncirus trifoliata* (L.) RAF, et le cédratier *Citrus medica* L.

C. volkameriana a été l'espèce la plus utilisée dans ces essais car elle présente une surface foliaire suffisamment grande (environ 30 cm²) et produit des lésions caractéristiques, soulevant l'épiderme foliaire, avec formation d'un halo jaune. *C. volkameriana* offre en outre l'avantage de présenter une croissance rapide et régulière, c'est une plante qui se cultive facilement en serre. Elle est moins sensible que le combava ou la lime mexicaine aux pénétrations du pathogène par les stomates. Il y a donc moins de risques d'inoculations indésirables lors des manipulations de suspensions bactériennes.

Résultats des inoculations expérimentales : les délais d'apparition des symptômes ont varié de 6 à 20 jours selon les techniques expérimentales utilisées et les espèces ou variétés testées.

Résultats obtenus avec la technique d'infiltration.

L'emploi de concentration à 10⁹ ou 10⁸ cellules bactériennes par ml provoque, dès le sixième jour qui suit l'inoculation, l'apparition d'une plage huileuse vert foncé et faisant légèrement saillie sur la face inférieure du limbe. Sur l'autre face, le secteur de limbe infiltré montre une coloration jaune pâle. Aux concentrations de 10⁷, 10⁶ et 10⁵ cellules par ml, on constate une réaction analogue, mais elle n'apparaît que vers le huitième jour. Deux semaines après la date d'inoculation, les symptômes se stabilisent comme suit :

- 10⁹ et 10⁸ cellules/ml : nécrose généralisée de couleur brun foncé sur les deux faces du limbe, avec soulèvement de l'épiderme inférieur.
- 10⁷ et 10⁶ cellules/ml : épiderme vert foncé d'aspect huileux et bombé sur les deux faces du limbe.
- 10⁵ et 10⁴ cellules/ml : épiderme vert foncé et légèrement soulevé sur la face inférieure seulement. Du côté de la face supérieure, le secteur infiltré apparaît jaunâtre.

La technique d'infiltration ne donne pas de réactions très différentes selon les cultivars. On constate quelquefois sur la partie nécrosée du limbe, de petites pustules en relief qui semblent se former au niveau des stomates.

Résultats obtenus avec la technique des piqûres.

Lorsque les aiguilles sont trempées dans une suspension à 10⁹ cellules par ml, on obtient une réaction sur toutes les espèces citées précédemment dès le sixième jour qui suit la blessure. Si les concentrations n'atteignent que 10⁷ germes par ml on constate quelquefois d'importantes différences selon ces mêmes espèces (tableau 1).

On trouvera sur la photo 4 de la planche I l'aspect d'une feuille ayant réagi totalement à l'incubation, comparé à celui d'une feuille blessée mais non inoculée. Le cliché a été pris 20 jours après l'inoculation.

Sur *Poncirus* et lime mexicaine, les chancres qui se forment au niveau des piqûres n'entraînent pas de destruction de chlorophylle sur le pourtour de la nécrose. Dans le cas du combava, l'inoculation à 10⁹ germes par ml se traduit dès le 7^e jour par une auréole pâle autour de la piqûre, laquelle

PLANCHE I - METHODES D'INOCULATION

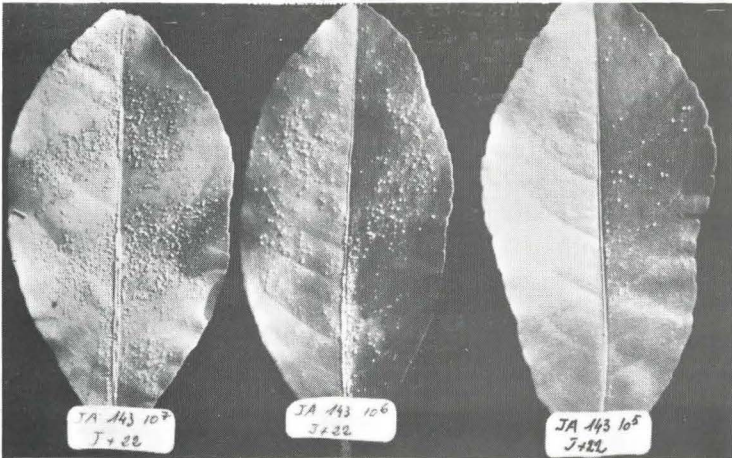


Photo 1 - Solutions contenant 10⁷ 10⁶ 10⁵ germes par ml frottées sur la face supérieure de *C. volkameriana* avec du carborandum stérile. Aspect des nécroses 22 jours après inoculation.

Photo 2 - Les mêmes nécroses que sur la photo 1 vue du côté de la face inférieure.

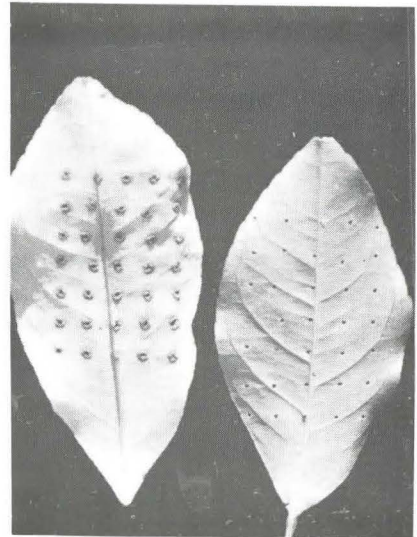
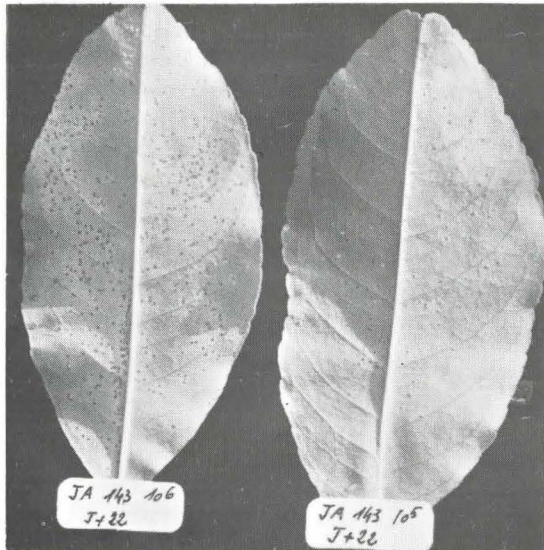


Photo 4 - Feuilles de *C. volkameriana*. A gauche : inoculée avec *X. citri*, l'appareil a été trempé dans une solution à 10⁹ germes par ml. A droite : feuille blessée non inoculée.

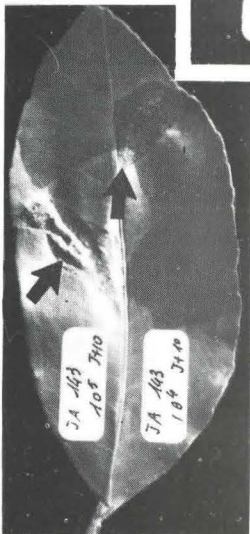
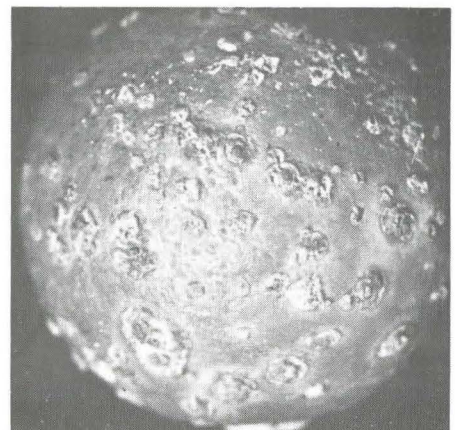


Photo 5 - Inoculation par infiltration.

Photo 6 - Jeune fruit d'orange 'Hamlin', inoculation naturelle en verger.



(Photos B. AUBERT)

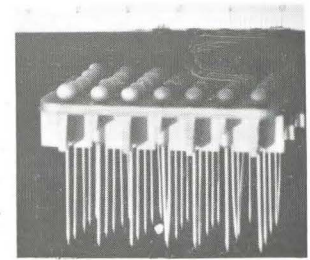


Photo 3 - Appareil pour inoculation artificielle par piqûre.

TABLEAU 1 - Evolution du pourcentage de pustules chancreuses s'étant formées sur 280 piqûres d'inoculation effectuées pour chaque espèce (8 feuilles à raison de 35 piqûres par feuille). Les aiguilles ont été trempées dans une solution de 10^7 germes/ml.

Espèces	délais				
	J +8	J +12	J +15	J +20	J +25
<i>Poncirus trifoliata</i>	2,8	16,7	21,0	22,0	22
Lime mexicaine	7,1	9,6	16,2	22,8	23
Bigaradier	0,7	1,4	3,9	24,6	25
Combava	6,5	14,6	22,8	29,6	30
<i>C. volkameriana</i>	1,4	20,0	26,4	42,5	45

coïncide avec le début de la réaction chancreuse. *C. volkameriana* donne également des pustules largement auréolées de jaune. Les espèces réagissant par une destruction de la chlorophylle autour des nécroses subissent une chute de feuilles deux à trois mois après l'inoculation. Sur *Poncirus* et lime mexicaine, les feuilles chancreuses arrivent à se maintenir sur la plante plus de six mois après l'inoculation.

Transmission par frottis au carborandum.

Il faut attendre 13 jours pour voir apparaître les premiers symptômes de chancre sur les feuilles de *C. volkameriana* contaminées par frottis au carborandum. Les inoculations effectuées avec des suspensions bactériennes contenant 10^9 et 10^8 germes par ml entraînent un brunissement généralisé du limbe dès le 15^e jour qui suit l'inoculation. A 10^7 germes/ml, on observe la formation de colonies bien individualisées, mais la concentration est trop dense pour qu'elle puisse faire l'objet d'un comptage. On dénombre en général 500 à 600 colonies sur les feuilles inoculées avec une concentration de 10^6 germes/ml et 40 à 80 colonies à 10^5 /ml (photo 2 de la planche I). Il existe également quelques réactions visibles à 10^4 .

Le protocole expérimental ayant prévu l'inoculation sur la face supérieure du limbe, c'est d'abord de ce côté qu'on a constaté un soulèvement d'épiderme formant des petits points pustuleux. Ceux-ci se développent quelques jours plus tard sur l'autre face.

La symptomatologie observée après inoculation expérimentale, prend on le voit un faciès différent selon les modes de transmission utilisées et selon les cultivars ou espèces d'agrumes. Les techniques de piqûres d'épingle et de frottis au carborandum simulent les piqûres d'épine ou les effets abrasifs dus au vent.

Lorsque l'inoculation avait lieu par blessure, on n'a pas remarqué de grosses différences de réaction selon l'âge des feuilles. On verra plus loin que ce n'est pas le cas si la bactérie pénètre par les stomates.

SYMPTOMATOLOGIE OBSERVEE EN VERGER

Dans ce chapitre, on décrira les principaux types de lé-

sions dont on a pu isoler *X.c. pv. citri* en employant la technique de l'étalement sur milieu LPGA. Les différents faciès observés «*in situ*» correspondent à plusieurs modes d'inoculation. Ces derniers varient considérablement selon les espèces botaniques. On peut schématiquement classer les agrumes cultivés à la Réunion en trois catégories du point de vue de leur sensibilité au chancre citrique : ceux pour lesquels la contamination a lieu principalement sur blessure, ceux pouvant être inoculés massivement par pénétration de la bactérie au niveau des stomates, et enfin ceux pour lesquels le mode d'inoculation reste encore indéterminé.

Espèces et variétés contaminées surtout par blessure.

Des cas typiques de ce mode dominant d'inoculation peuvent être rencontrés sur le *Poncirus*, les citranges et la lime mexicaine. Il s'agit d'espèces très épineuses subissant d'innombrables microblessures de rameaux de feuilles ou de fruits sous l'effet du vent. L'épiderme foliaire de ce groupe d'agrumes est caractérisé par une forte densité des stomates (jusqu'à 500 par mm^2), ces derniers étant en général de petite taille. Plutôt que d'être disséminées au hasard sur la surface du limbe (cas d'une contamination par les stomates), les pustules chancreuses sont le plus souvent alignées dans le sens des piqûres et des frottements (planche II photo 1). L'observation des feuilles à la loupe binoculaire montre que le développement chancreux a lieu autour des blessures d'épines avant que la cicatrisation ne puisse intervenir. On trouvera un exemple de ce phénomène sur la planche II photo 5).

De véritables encroûtements chancreux s'installent sur les brindilles vertes ce qui favorise le maintien d'un taux d'inoculum très élevé d'une saison à l'autre.

Ce type d'infection est tout spécialement à redouter sur les porte-greffe cultivés en pépinière.

Cas d'attaques sur épiderme apparemment non blessé mécaniquement.

Il faut distinguer dans cette catégorie les symptômes observés sur fruits et ceux observés sur feuilles.

● Les symptômes sur fruits :

A la Réunion d'importants encroûtements sont constatés sur la peau des oranges, des citrons et des pomelos.

Dans le cas de l'orange, les pustules chancreuses sont quelquefois alignées sur un arc de méridien du moins en début d'attaque. Ces formes sont le résultat d'une inoculation par des gouttes de pluie ou de rosée infectées, la bactérie ayant la possibilité de pénétrer par les lenticelles des jeunes fruits. Cette sensibilité du fruit peut d'ailleurs se prolonger jusqu'au moment de la récolte. En cas de forte attaque, l'ensemble de la surface du fruit se couvre de verrues chancreuses bien avant le stade normal de maturité (planche I photo 6). La peau attaquée se colore prématurément en jaune par suite d'une perte de chlorophylle.

Sur les citrons, on a isolé *X.c. pv. citri* à partir de fruits présentant de larges secteurs encroûtés. La totalité de la peau est souvent concernée sans qu'il y ait apparition de formes pustuleuses bien individualisées. Il semble, dans ce cas extrême, que la bactérie puisse être disséminée par les blessures d'acariens. Cette hypothèse est basée sur le fait que des traitements acaricides combinés aux traitements cupriques permettent d'enrayer ce type de dégât. Si le citron subit simplement une attaque d'acariens, la peau se «plombe» sans développer d'encroûtement brun soulevant l'épiderme. Par ailleurs en absence d'acarien *X.c. pv. citri* se manifeste sur citron par l'apparition de pustules chancreuses brunes, de formes arrondies, en relief sur la peau du fruit.

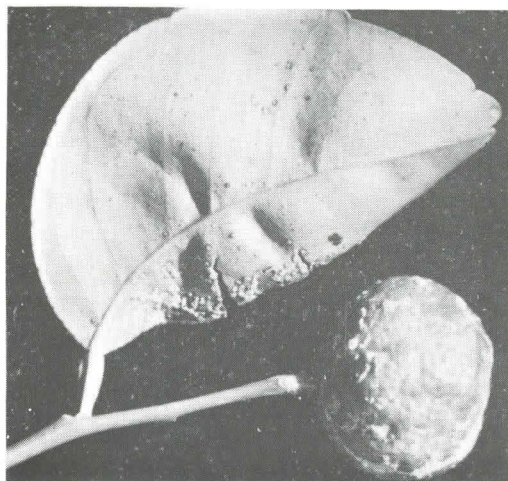
Les chancres observés sur pomelo se développent dans les mêmes conditions que ceux décrits pour l'orange avec toutefois formation de pustules de plus grande taille.

Dans la région du Tremblay, des encroûtements de feuilles et de fruits ont été signalés sur vangassaye, une mandarine locale. Les recherches effectuées sur cette espèce n'ont pas abouti à l'isolement de *X.c. pv. citri*. L'hypothèse d'une attaque de Scab dans ce cas est probable puisqu'il y a déformation des feuilles, avec soulèvement de l'épiderme d'un seul côté, au niveau des pustules.

● Les symptômes sur feuilles.

Les feuilles du pomelo, du combava, de la lime de Tahiti et de diverses variétés d'agrumes comme Hamlin ou certaines lignées de Navel, présentent une sensibilité «directe» aux attaques de *X.c. pv. citri*. La contamination a lieu en l'absence de blessure d'épiderme par simple pénétration de bactérie pathogène à travers les stomates. C'est généralement dans la période comprise entre le dixième et le trentième jour qui suit son apparition sur le rameau, que le limbe se trouve le plus exposé à ce type d'attaque. Avec l'âge, la feuille devient résistante à l'infection, mais les chancres formés pendant la phase juvénile continuent à s'élargir jusqu'à atteindre quelquefois la taille de 15 mm de diamètre (planche I photo 4).

On trouvera sur la planche II plusieurs exemples de chancres foliaires attribués à une contamination au niveau de la chambre stomatique. Comme pour les fruits, les pustules se



Attaque sur vangassaye provoquant une déformation des feuilles et un encroûtement des fruits, attribués à *Elsinoe fawcetti*.

répartissent à la surface de l'épiderme au hasard des écoulements de gouttes d'eau infectées. Il y a quelquefois concentration des points chancreux d'un seul côté du limbe (planche II photo 3). Dans d'autres cas, la densité des pustules est plus grande vers la marge ou encore le long de la nervure centrale. Tout dépend de l'orientation que présente la face inférieure du limbe par rapport à la source d'inoculum. Ce mode d'infection n'intéresse pas la face supérieure puisque celle-ci est exempte de stomates. Contrairement à ce qui se passe dans le cas d'une inoculation par blessure, les chancres soulèvent d'abord l'épiderme de la face inférieure avant d'apparaître environ 7 à 10 jours plus tard du côté opposé.

Les relations de cause à effet entre la structure de l'appareil stomatique et la sensibilité aux attaques de *X.c. pv. citri* n'ont pu être jusqu'ici complètement élucidées. Certains auteurs ont invoqué à ce sujet la taille de l'ostiole. Les deux clichés ci-après font ressortir les différences observées entre la lime mexicaine et le pomélo par exemple. L'épiderme de la face inférieure du limbe a été arraché après trempage du limbe dans une solution d'hypochlorite de sodium à 1,2° chloré pendant 5 heures, puis photographié sous microscope.

Il n'est pas certain que la sensibilité à *X.c. pv. citri* dépende uniquement de l'aire des stomates. La couche de cutine qui tapisse plus ou moins profondément la chambre stomatique, peut assurer un rôle de protection du canal ostiole (figure 2). Cette particularité mise en évidence par TURREL (1947) puis reconfirmée par GOTO (1962) et plus tard AUBERT et DE PARCEVAUX (1967), semble correspondre à un caractère génétique. Toutefois pour un même cultivar, elle sera plus accentuée avec le vieillissement de la feuille. Sur les limbes de plus d'un an d'âge, il est fréquent par ailleurs de trouver des bouchons de résine qui encom-

PLANCHE II - INOCULATION EN CONDITIONS NATURELLES.



Photo 1 - Symptômes de chancre sur feuilles et rameaux de *C. Carrizo*. Les épines sont infectées et transmettent la maladie à l'occasion des blessures. Noter sur les feuilles les pustules en relief : vue prise sur la face inférieure.

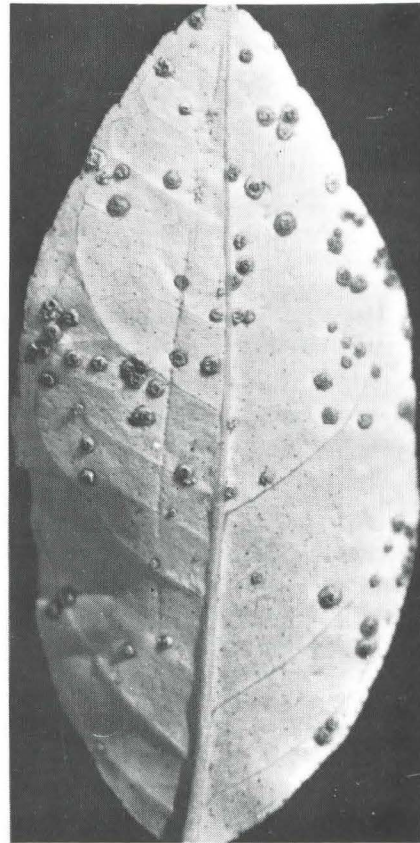
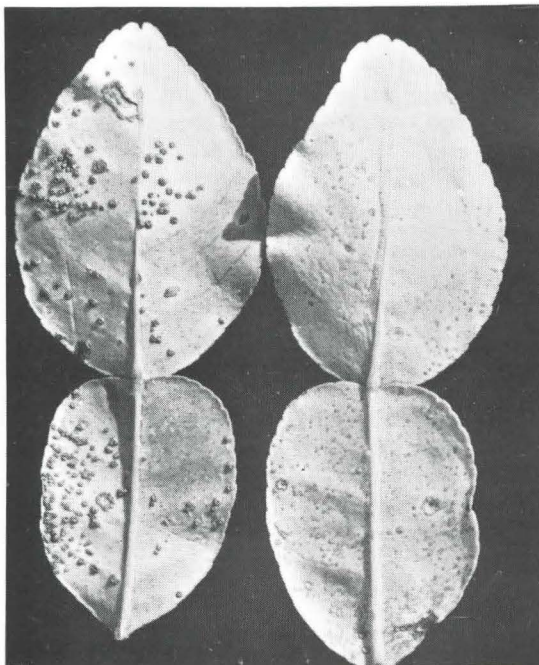


Photo 2 - Pustules occasionnées par *X. citri* sur la face inférieure de lime de Tahiti (verger LES-PORT, Etang-Salé, octobre 1981).



J + 20

J + 10

Station IRFA Bassin-Martin (octobre 1981)

Photo 3 - Attaque de *X. citri* en conditions naturelles sur la face inférieure de feuilles de combava *C. hystrix* DC. Pénétration au niveau des stomates.

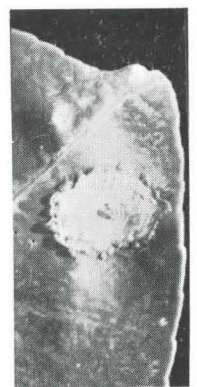


Photo 4 - Pustule chancreuse très élargie sur feuille de pomelo 'Marsh'.

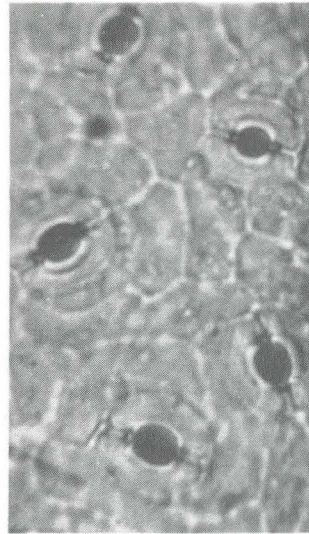


Photo 5 - Feuille de lime mexicaine inoculée en conditions naturelles par blessure d'épines.

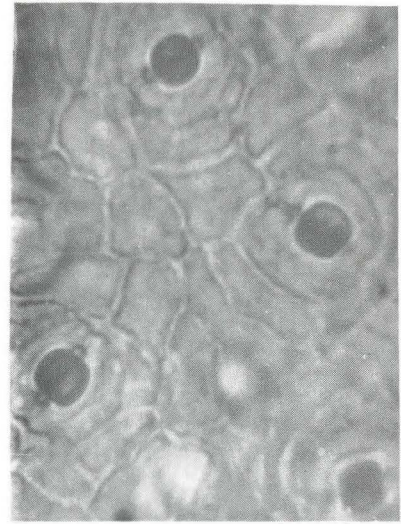
(Photos B. AUBERT)

ASPECT DE DEUX EPIDERMES
FOLIAIRES (face inférieure)

Lime mexicaine



Pomelo



Echelle : 10μ

brent le pore du stomate (TURREL, 1932). Ces formations sont visibles lorsque les sections de limbe sont observées à l'état frais dans un montage à l'eau ou à la glycérine.

Ces particularités anatomiques pourraient expliquer les différences de sensibilité aux attaques de chancre citrique, en fonction de l'âge des feuilles. Toutefois, il y a toutes les chances pour que les germes bactériens arrivent à pénétrer également par les stomates ou les lenticelles des espèces tolérantes. Mais dans ce cas ils peuvent avoir à franchir d'autres obstacles avant de proliférer sous l'épiderme. On ignore encore la nature des mécanismes de défense de certaines plantes hôtes peu sensibles. La tolérance s'étend le plus souvent aux attaques par blessures, mais elle est quelquefois spécifique d'un type d'organe.

A l'île de la Réunion par exemple plusieurs mandariniers comme Dancy, Kara, Beauty, Fairchild, ou hybrides de mandariniers comme Ortanique présentent une relative tolérance aussi bien sur feuilles que sur fruits. Les feuilles du clémentinier sont très sensibles à *X.c. pv. citri* mais ses fruits présentent rarement des symptômes même lorsqu'ils

sont soumis à une forte pression d'inoculum. Pour les orangers et les pomelos, on note par contre une assez grande sensibilité des feuilles et une très grande sensibilité des fruits. Enfin, le combava montre quelquefois de très fortes attaques sur feuilles alors que ses fruits restent indemnes de pustules il n'est pas impossible ici que la forte teneur en huile essentielle puisse jouer un rôle d'antiseptique.

Modes d'inoculation atypiques.

Sur les photos 1B, 3 et 4 de la planche III on peut apercevoir des nécroses ne soulevant que très légèrement l'épiderme et auréolées d'un cerne plus ou moins foncé. Dans le cas de la lime de Tahiti le pourtour de la pustule chancreuse est noir et d'aspect grasseux. On a isolé de ces nécroses à relief peu accusé le champignon du greasy-spot : *Mycosphaerella citri* ainsi que des germes de *X.c. pv. citri*. Sur les feuilles de clémentinier les plages arrondies grisâtres auréolées d'un cerne brun clair (photo 3), n'ont fourni pour le moment que des germes de *X.c. pv. citri*. Enfin sur oranger Valencia late, on a isolé d'un faciès analogue (photo 4)

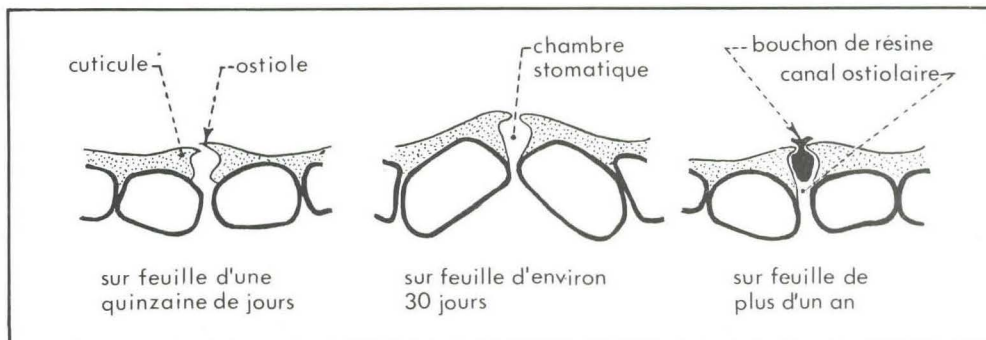


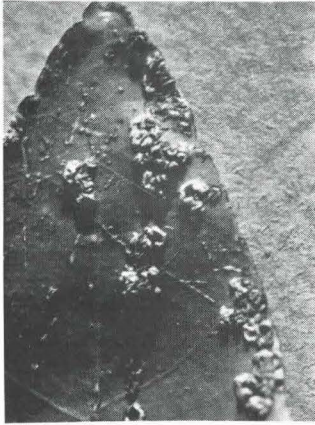
Fig. 3 • ASPECTS DE STOMATES DE CITRUS VUS EN COUPE TRANSVERSALE.

PLANCHE III

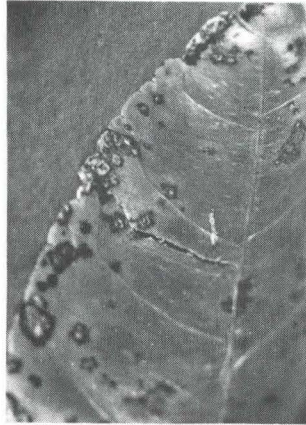
Photos 1A et 1 B.

Deux types de symptômes observés sur lime de Tahiti
(verger BOYER St-Benoît).

Vue prise de côté de la face supérieure de la feuille
(novembre 1981).



B • Faciès typique dû à
X.c. pv. citri.



A • Attaque combinée de *X. citri*
et de «greasyspot» dû à
Mycosphaerella citri.

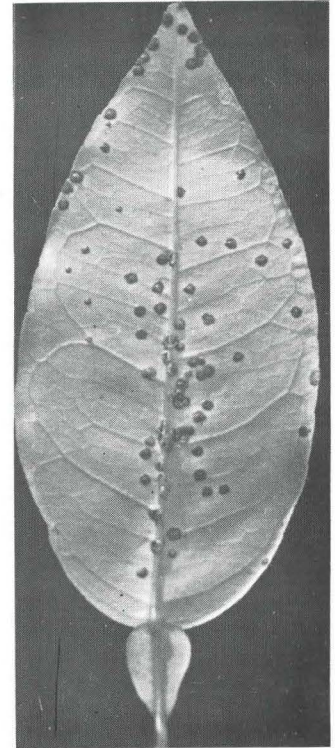


Photo 2 - Pustules auréolées d'une tache
graisseuse sur la face inférieure de l'oran-
ger 'Hamlin'. Pénétration de l'agent pa-
thogène au niveau des stomates.
Verger FONTAINE, fin octobre 1981.
Attaque estimée à J + 20.

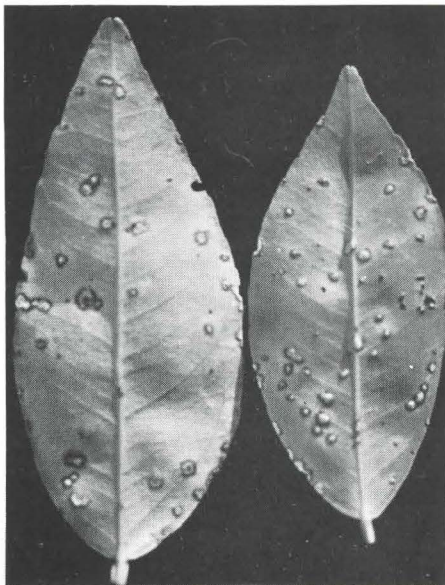
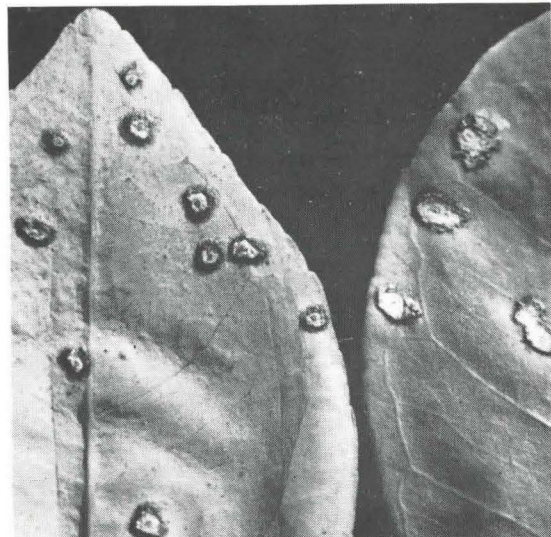


Photo 3 - Pustules chancreuses observées
sur la face inférieure de feuille de clémen-
tinier, à relief peu accusé et auréolées
d'un cerne brun clair.
(verger FONTAINE, octobre 1981)
Attaque estimée à J + 20.



face inférieure

face supérieure

Photo 4 - Pustules auréolées d'un cerne brun
noirâtre sur feuille d'orange 'V. late' et dont
on a isolé *X. citri* ainsi que *Colletotrichum*.

(Photos B. AUBERT)

un champignon du genre *Colletotrichum* ainsi que *X.c. pv. citri*. on ignore encore la nature des interférences qui peuvent s'établir entre les deux types de pathogènes au sein de la plante hôte.

RECHERCHE DE GERMES BACTERIENS A LA SURFACE DES FEUILLES PAR LA TECHNIQUE DE L'IMMUNOFLUORESCENCE

L'obtention d'un immunosérum avec la souche réunionnaise JA 143, a permis de rechercher la présence de germes de *X.c. pv. citri* à la surface de feuilles de Citrus ou de Rutacées sauvages. Dans la plupart des cas, les limbes ne présentaient aucun type de nécrose visible à l'oeil nu.

Matériel et méthode.

Sur des lames spécialement équipées pour l'immunofluorescence, on dépose une dizaine de gouttes d'une suspension contenant l'antigène bactérien. La suspension est obtenue en faisant macérer sous agitation pendant une heure une vingtaine de feuilles dans un bocal rempli d'eau stérile.

On laisse sécher l'antigène qui est ensuite fixé avec une goutte d'alcool à 90°C. Puis on dépose successivement en «sandwich» :

- une goutte de sérum de lapin anti-JA 143 dilué au 1/4.000, qui est mise à sécher pendant 20 minutes, et lavée avec du tampon phosphate ;
- une goutte de sérum de chèvre fluorescent antigammaglobuline de lapin dilué au 1/300e, goutte qui est également mise à sécher pendant 20 minutes et lavée au tampon phosphate ;
- de la glycérine tamponnée.

Le tout est recouvert d'une lamelle puis observé sous un microscope à épifluorescence avec un objectif à immersion. On compte le nombre de germes fluorescents apparaissant dans une centaine de champs oculaires.

Les échantillons de feuilles de Citrus ont été prélevés en vergers d'agrumes (station IRFA de Bassin-Plat, verger Fontaine de Petite-Ile) dans des parcelles ayant subi ou non des attaques de chancre citrique. On a également échantillonné des feuilles de vangassayes et de bigaradiers sur des arbres trouvés dans le sous-bois de la forêt de Saint-Philippe.

La recherche de germes fluorescents a été également entreprise sur plusieurs Rutacées sauvages. A Basse-Vallée, des feuilles juvéniles ou adultes de *Zantoxylum heterophyllum* (LAM.) SMITH, et de *Murraya paniculata* L. JACK ont été échantillonnées. Dans la région de Cilaos, on a également effectué des prélèvements sur *Vepris lanceolata* (LAM.) G. DON et *Toddalia asiatica* (L.) LAM.

Au total treize lots de feuilles ont été observés en période d'été austral.

Résultats : les dénombrements de germes fluorescents

sont donnés au tableau 2, accompagnés d'un descriptif sommaire des arbres échantillonnés. L'échantillon n° 7 prélevé sur une jeune parcelle de combavas fortement attaqués, a fourni le nombre de germes le plus élevé. En tenant compte des dilutions, le chiffre de 215 équivaut approximativement à 4.10⁶ germes par feuille. Les échantillons 5 et 6 prélevés sur une parcelle de combavas âgée de 8 ans et située à quelques dizaines de mètres seulement de la précédente, mais protégée par une haie de brise-vent n'ont, comparativement, révélé que de faibles pullulations. De même, sur des limettiers, orangers ou clémentiniers très atteints quelques mois auparavant, mais ayant subi une taille sévère de rabattage, on a enregistré de faibles quantités de germes fluorescents à la surface des feuilles nouvellement émises.

On a constaté par ailleurs que tous les genres observés, autres que Citrus, hébergeaient des germes fluorescents. Mais seul *Poncirus trifoliata* montrait des pustules chancreuses sur feuilles et sur rameaux. Dans les conditions de la Réunion, aucun symptôme n'a pu être détecté sur *Fortunella*, *Zantoxylum*, *Murraya*, *Vepris* ou *Toddalia*.

Le dénombrement des germes fluorescents sur des feuilles sans symptômes apparents, donne une indication de la population bactérienne épiphyllie. Il est à noter que la fluorescence peut être conservée par des germes qui ne sont plus en vie. Ainsi les comptages effectués sur des agrumes cultivés ayant reçu un traitement au cuivre ne peuvent aucunement donner une appréciation des germes «épiphyllies vivants».

L'absence de symptômes sur les Rutacées autres que les Citrus et le *Poncirus* est à remarquer. PELLETIER par exemple, dès 1920, a fait état de pustules chancreuses sur *Fortunella* et JEHLE 1918 sur *Zantoxylum*. Aucune de ces espèces n'a manifesté de symptômes dans les conditions prévalant à l'île de la Réunion.

CONCLUSION

Le développement pris par l'agrumiculture réunionnaise au cours des dix dernières années a été principalement redevable des efforts engagés contre deux maladies de dégénérescence : le «Greening» et la «Tristeza». Le «chancre citrique» est subitement passé au premier rang des préoccupations d'ordre phytosanitaire dès qu'on a pu mettre à nouveau en culture des arbres vigoureux et productifs.

L'apparence bénigne de cette bactériose, telle qu'elle a été décrite par divers auteurs avant les années 1970 était imputable en grande partie au rachitisme dont souffraient la plupart des agrumes de l'île. En l'absence de fortes poussées végétatives ou d'une production fruitière abondante, *X.c. pv. citri* avait bien moins de chances de pouvoir proliférer. Le nombre de vergers demeurait alors limité, et les agrumes étaient assez rarement établis en culture pure. Ils figuraient plutôt en association avec d'autres espèces fruitières qui leur assuraient une protection contre les vents.

L'action engagée aujourd'hui en matière de production

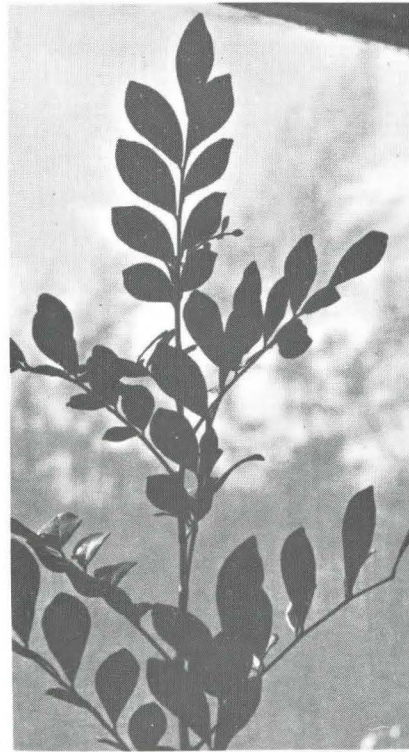
TABLEAU 2 - Germes fluorescents dénombrés en observant une centaine de champs oculaires.

Genre	N° échantillon	Espèces	Lieu	Caractéristiques	Nb. de germes fluorescents
Citrus	1	<i>Citrus sinensis</i> (oranger)	Bassin-Martin	orangers Pineapple de 7 ans fortement attaqués six mois auparavant. Arbres échantillonnés sur jeunes pousses émises après taille de rabattage.	8
	2	<i>Citrus sinensis</i> (oranger)	Petite-Ile	arbre de 5 ans présentant des symptômes	27
	3	<i>Citrus clementina</i> HORT ex TAN (clémentinier)	Bassin-Martin	clémentiniers de 4 ans fortement attaqués six mois auparavant. Arbres échantillonnés sur jeunes pousses émises après taille de rabattage	12
	4	<i>Citrus latifolia</i> HORT ex TAN lime de Tahiti	Bassin-Martin	limettiers de 4 ans fortement attaqués six mois auparavant. Arbres échantillonnés sur jeunes pousses émises après une taille de rabattage	21
	5	<i>Citrus hystrix</i> DC (combava)	Bassin-Martin	arbres de 8 ans n'ayant jamais montré d'attaques de chancre	22
	6	<i>Citrus hystrix</i> DC (combava)	Bassin-Martin	arbre de 8 ans fortement attaqué six mois auparavant ; échantillonné sur jeunes pousses émises après une taille de rabattage	27
	7	<i>Citrus hystrix</i> DC (combava)	Bassin-Martin	jeunes arbres de 18 mois, présentant des symptômes de chancres citriques sur feuilles. On a échantillonné uniquement des jeunes feuilles sans symptômes apparents	215
Fortunella	8	<i>Fortunella margarita</i> LAUR. (SWING) Kumquat ovale Nagami	Bassin-Martin	arbres de 5 ans indemnes de symptômes foliaires	10
Poncirus	9	<i>Poncirus trifoliata</i> RAF	Bassin-Martin	arbre semencier de 11 ans	41
Zantoxylum	10	<i>Zantoxylum heterophyllum</i> («Bois de poivrier»)	forêt de Basse-Vallée	jeunes feuilles feuilles adultes	14 3
Murraya	11	<i>Murraya paniculata</i> «Bois de buis»	Saint-Philippe	feuilles adultes	33
Vepris	12	<i>Vepris lanceolata</i> (LAM) («Bois de patte de poule»)	Pavillon route de Cilaos	feuilles adultes	29
Toddalia	13	<i>Toddalia asiatica</i> (L.) LAM («Liane patte de poule»)	Parc à Dennemont	feuilles adultes	10

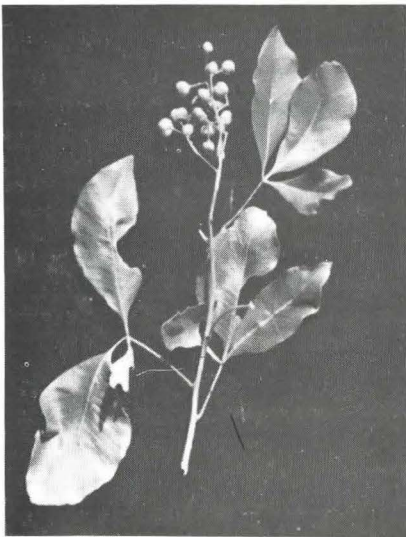
PLANCHE IV - Rutacées sauvages trouvées porteuses de germes bactériens fluorescents.



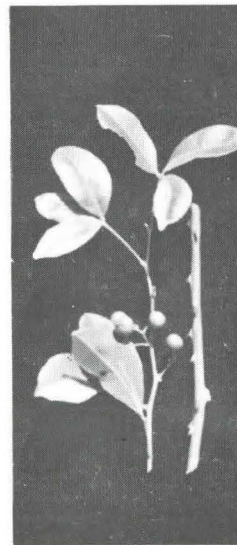
Zanthoxylum heterophyllum
(LAM.) SMITH



Murraya paniculata (L.) JACK.



Vepris lanceolata (LAM.) G. DON.



Toddalia asiatica (L.) LAM.

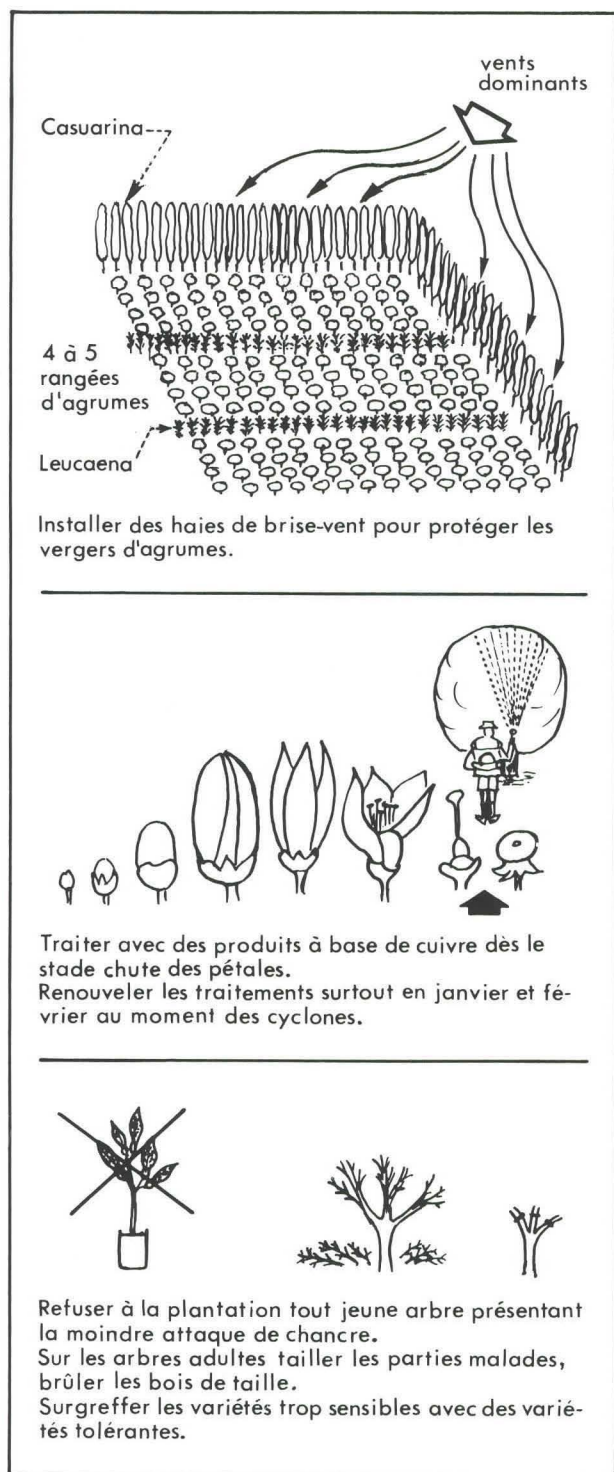


Fig. 4 • MESURES PROPHYLLACTIQUES A APPLIQUER EN VERGERS.

agrumicole oblige à suivre attentivement l'épidémiologie du chancre citrique dans les vergers nouvellement créés. En effet, le climat de l'île de la Réunion expose les agrumes à des attaques subites et massives de *X.c. pv. citri*, principalement lors des passages de cyclones. Il ne s'agit pas là d'une particularité propre à l'île. Ce phénomène a été signalé aussi dans plusieurs pays d'Asie, plus spécialement dans le sud de l'archipel nippon (KUHARA, 1978).

Au cours des recherches préliminaires engagées sur *X.c. pv. citri* à la Réunion, on a pu dresser un premier bilan de l'implantation de cette bactérie (ou de germes très apparentés), dans l'île. Les organismes fluorescents épiphyllés détectés sur diverses Rutacées sauvages en forêt de basse et moyenne altitude, ont révélé une ubiquité encore insoupçonnée de ces germes. Au niveau des vergers proprement dits, des symptômes de chancre citrique ont été trouvés jusque vers 1.000 m d'altitude, aussi bien en zone «au vent» qu'en zone «sous le vent», ainsi que dans des vallées encaissées difficiles d'accès. Les souches isolées figurent parmi les plus virulentes connues aujourd'hui dans le monde.

En dépit de la modeste superficie de l'île, laquelle ne couvre que 2.500 km², il existe tout un ensemble de raisons économiques, sociales, voire techniques, s'opposant à un programme d'éradication généralisée du chancre citrique. La gamme des plantes hôtes déborde largement le cadre des espèces cultivées, puisqu'elle englobe des Rutacées endémiques, et diverses espèces de *Citrus* devenues pratiquement subspontanées depuis le début de leur introduction aux Mascareignes vers la fin du XVI^e siècle par les navigateurs hollandais. S'il est aisé de commencer une campagne d'éradication, on ne voit pas très bien dans un tel contexte jusqu'où la mener.

Il apparaît plus raisonnable d'envisager un assainissement par étapes et par secteurs du verger réunionnais en respectant plusieurs règles de prophylaxie qui, à l'expérience, se sont montrées efficaces.

- Le vent est le principal agent de dissémination de la bactérie du chancre citrique dès qu'il dépasse des vitesses de 8 mètres/seconde. Il importe de protéger les vergers surtout lorsqu'il s'agit de variétés sensibles, par un quadrillage soigné de haies de brise-vent, chaque 20 ou 30 mètres. Cette protection doit être encore plus rigoureuse lorsqu'il s'agit des pépinières.

- Il existe pour les agrumes, d'importantes différences de sensibilité selon les espèces ou les variétés. On devra s'abstenir de planter des variétés sensibles sur des versants trop exposés aux vents.

- En cas d'infection subite, la taille de rabattage et si nécessaire le surgreffage constituent d'excellents moyens préventifs.

- Les applications de sels de cuivre enfin, principalement en période printanière, contribuent à protéger les jeunes feuilles ou fruits qui viennent juste d'atteindre le stade de la sensibilité.

On parvient à maintenir les vergers en bon état sanitaire si toutes ces règles sont correctement appliquées. Les cas de fortes pullulations de *X.c. pv. citri* sont presque toujours le fait d'erreurs ou de négligences au moment de la plantation ou juste après des accidents météorologiques comme les tornades tropicales ou les cyclones.

Il n'en reste pas moins que le chancre citrique constitue, pour l'économie réunionnaise, une menace à ne pas sous-estimer. Les recherches doivent se poursuivre afin de dresser un inventaire aussi complet que possible des différentes

souches de *X.c. pv. citri* présentes à la Réunion, d'étudier leur pathogénicité ainsi que leur mode de dissémination.

Du côté de la plante hôte, il convient également d'élucider les mécanismes de la résistance variétale, afin de pouvoir mieux orienter le travail des sélectionneurs.

L'expérience de la production agrumicole japonaise montre qu'un choix variétal judicieux peut maintenir un bon niveau de compétitivité, même en pays contaminé, et en dépit d'accidents météorologiques graves comme les tornades ou cyclones tropicaux.

BIBLIOGRAPHIE

- AUBERT (B.) et PARCEVAUX (S.). 1969.
Résistance à la diffusion gazeuse au niveau de l'épiderme foliaire de quelques plantes fruitières tropicales et subtropicales.
Fruits, vol. 24, n° 4, p. 177-190.
- BITANCOURT (A.A.). 1957.
O cancro citrico.
O Biologico, 23, p. 101-111.
- BITANCOURT (A.A.). 1968.
Panorama mundial do cancro citrico.
In : *Reuniao do Comité Interamericano de Protecao agricola, 7-11 de Outubro, Sao Paulo, Instituto Biologico*, Miméo. 4 p.
- BOSSER (J.), CADET (Th.), JULIEN (H.R.) et MARAIS (W.). 1979.
Flore des Mascareignes, la Réunion, Maurice, Rodrigues.
64. Balsaminacées à 68. Burseracées.
préparée sous la Direction de R. ANTOINE, J.P.M. BRENNAN et G. MANGENOT.
- BOVE (J.M.) et CASSIN (P.J.) 1968.
Problèmes de l'agrumiculture réunionnaise.
Compte-rendu de mission, Doc. IRFA, 12 p.
- BRODRICK (H.T.) et LOEST (F.C.). 1975.
Citrus canker Citrus series H 21,
Farming in South Africa,
- BRUN (J.). 1970.
Rapport de mission effectué à Madagascar, à la Réunion et à l'île Maurice.
Doc. IRFA, R.A. 71.
- BRUN (J.). 1966.
Rapport de mission effectué aux Comores du 9 au 17 novembre 1966.
Doc. IRFA.
- BRUN (J.). 1971.
Le chancre bactérien des Citrus.
Fruits, vol. 26, n° 7-8, p. 533-540.
- CALAVAN (E.C.). 1956.
Citrus canker, a bacterial disease caused by *Xanthomonas citri*.
Calif. State Dept. Agr., Bull. 45 (4), 259-262.
- CIVEROLO (E.L.) et FAN (F.). 1982.
Xanthomonas campestris pv. *citri* detection and identification by enzyme-linked immunosorbant assay.
Plant Disease, n° 3, p. 231-236.
- CIVEROLO (E.L.). 1982.
Comparative evaluation of provisional strains of *Xanthomonas campestris* pv. *citri* from Reunion Island.
Rapport de Recherche, 20 p.
- DU CHARME (E.P.). 1951.
Cancrosis B of lemons.
Citrus Magazine, 13 (a) 18-20.
- DYE (D.W.), BRADBURY (J.F.), GOTO (M.), HAYWARD (A.C.), LELLIOTT (R.A.) et SCHROTH (M.N.). 1980.
International standards for naming pathovars of phytopathogenic bacteria and a list of pathovar names and pathotype strains.
Review of Plant Pathology, vol. 55, n° 4, p. 153-167.
- GOTO (M.). 1962.
Studies on Citrus canker. I.-
Bulletin of the Faculty of Agriculture. Shizvoka University, Iwata Japon, 72 p.
- GOTO (M.), TAKAHASHI (T.) et MESSINA (H.). 1980.
A comparative study of the strains of *Xanthomonas campestris* pv. *citri* isolated from Citrus canker in Japan and Cancrosis B in Argentina.
Ann. Phytopath. Soc. Japan 46, 329-338.
- HASSE (C.M.). 1915.
Pseudomonas citri, the cause of citrus canker.
I. Agro. Res., 4, 97-100.
- JEHLE (R.A.). 1917.
Susceptibility of non-citrus plants to *Bacterium citri*.
Phytopathology, vol. 7, n° 5, p. 339-344.
- JEHLE (R.A.). 1918.
Susceptibility of *Zantoxylum CLAVA-HERCULES* to *Bacterium citri*.
Phytopathology, vol. 8, n° 1, p. 34-35.
- JULIEN 1972.
Notes sur l'agrumiculture mauricienne présentées au VIe Congrès de l'IOCV, 20 p.
- KUHARA (S.). 1978.
Present epidemic status and control of the Citrus canker disease (*Xanthomonas citri* (HASSE) DOWSON) in Japan.
Review of Plant Protection Research, vol. II, 1978, p. 132-142.
- LAVILLE (J.). 1982.
Caractérisation des souches de *Xanthomonas campestris* pv. *citri* (HASSE, 1915) DYE, 1978 isolées de l'île de la Réunion.
Rapport de maîtrise, 16 p. INRA et Université d'Angers.
- LOPEZ (M.M.) et NAVARRO (L.). 1981.
A method for diagnosis of Citrus canker using plants growing in vitro.
Proc. Int. Soc. Citriculture (sous presse).
- GARNSEY (S.M.), DU CHARME (E.P.), LIGHTFIELD (J.W.) et SEYMOOR (G.P.). 1979.
Citrus canker, preventive action to protect the US Citrus Industry.
The Citrus Industry, Jan. 1979, n° 5, p. 6-13.
- MOREIRA (S.). 1967.
Iles Maurice et de la Réunion. Enquête sur les maladies des agrumes.
Bull. Phyto. san. FAO, 15, 59-60.

- NAMEKATA (J.). 1971.
Estudios comparativos entre *Xanthomonas citri* (HASSE) DOW, agente causal do «cancro citrico» *Xanthomonas citri* HASSE DOW N.F. *Sp. aurantifolia*, agente causal da «cancrose do limeiro Galego».
Tese apresentada a Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiros, p. 65.
- NAMEKATA (J.) et OLIVEIRA (A.R.). 1972.
Comparative serological studies between (*Xanthomonas citri* and a bacterium causing canker on Mexican lime.
Proc. 3rd Intern. Conf. Plant Path. Wageningen, 14-21 april 1971, p. 151-152.
- PELTIER (G.L.) et FREDERICH (W.J.). 1920.
Relative susceptibility to citrus-canker of different species and hybrids of the genus *Citrus* including the wild relatives.
Journal of Agricultural Research, vol. XIX, n° 8, p. 339-387.
- PRALORAN (J.C.). 1968.
L'amélioration des cultures fruitières dans l'archipel des Comores.
Rapport interne IRFA, 58 p.
- ROSSETTI (V.). 1977.
Citrus canker in Latin America ; a review.
Proc. Int. Sc. Citriculture, p. 918-924.
- ROSSETTI (V.). 1981.
Divulgação tecnica : Identificao do Cancro citrico biologico.
Sao Paulo, 47 (5) 145-153.
- STALL (R.E.), MILLER (J.W.), MARCO (G.M.) et DE ECHENIQUE (B.I.C.). 1980.
Population dynamics of *Xanthomonas citri* causing canker of citrus in Argentina.
Proc. Fla. State Hort. Soc., 93, 10-14.
- TANG CHENG YAO. 1958.
The epidermal structure of citrus in relation to its susceptibility to canker infection.
Acta phytopath. Sinica, vol. 4, pat. 1, p. 69-80.
- TURREL (F.M.).
Citrus leaf stomata : structure, composition and pore size in relation to penetration of liquids.
Bot. Gaz., vol. 108, n° 4.

