

MYCOPLASMES DANS LES AGRUMES ATTEINTS DE "GREENING", DE "STUBBORN" OU DE MALADIES SIMILAIRES

par D. LAFLECHE et J.M. BOVÉ

Centre national de Recherches agronomiques - Versailles

MYCOPLASMES DANS LES AGRUMES ATTEINTS DE "GREENING", DE "STUBBORN" OU DE MALADIES SIMILAIRES

D. LAFLECHE et J.M. BOVÉ (CNRA)

Fruits, Jun. 1970, vol. 25, n° 6, p.455-465.

RESUME - Mise en évidence de structures de type mycoplasme dans des tubes criblés de feuilles d'orangers atteints de "Greening" (souche d'Afrique du Sud) et souche de l'île de la Réunion), de "Stubborn" (souche de Californie) ou de "Citrus Decline" (souche des Indes).

Discussion et comparaison des résultats concernant les particularités présentées par ces mycoplasmes suivant le type de la maladie envisagée ("Greening", "Stubborn" ou "Citrus Decline") la nature du matériel foliaire utilisé, les conditions de température dans lesquelles se déve-

loppent les orangers affectés. A la suite de ces résultats il apparaît comme très vraisemblable que l'agent causal du "Greening", du "Stubborn" et du "Citrus Decline" et probablement aussi du "Likubin" (Formose) et du "Yellow shoot" (Chine) est un mycoplasme. La nature commune de l'agent causal de ces maladies explique les grandes similitudes qui les caractérisent. Les différences qui par ailleurs existent entre elles sont peut-être dues à l'intervention de souches différentes, voir même de mycoplasmes différents.

Ces maladies, si elles sont effectivement dues à des mycoplasmes, représenteront l'un des premiers exemples d'une mycoplasmosse transmise par des psylles vecteurs. La possibilité d'une lutte chimique contre ces maladies peut maintenant être envisagée dans la mesure où les mycoplasmes contrairement aux virus des végétaux sont sensibles à divers antibiotiques.

"GREENING", "STUBBORN" ET MALADIES SIMILAIRES

La maladie du "Greening" des agrumes observée pour la première fois en Afrique du Sud en 1929 (1), et la maladie du "Stubborn" connue des agrumiculteurs depuis plus de 50 ans (2) posent à l'heure actuelle les problèmes les plus préoccupants à l'agrumiculture mondiale.

Le "Greening" sous la forme telle qu'elle se présente en Afrique du Sud, existe en outre à Madagascar (3), à l'île de la Réunion (4, 5) et à l'île Maurice (5). La maladie est présente aussi en Rhodésie et en République Centrafricaine (6). Dans d'autres parties du monde, sévissent des affections qui ressemblent par beaucoup de caractères au "Greening": "Yellow shoot" en Chine continentale, "Likubin" à Formose, "Leaf-Mottle" aux Philippines, "Citrus Decline" aux Indes.

La large distribution géographique du "Greening" et des maladies apparentées est due à l'existence de deux insectes vecteurs: le psylle africain, *Trioza erythrae* del Guercio et le psylle oriental *Diaphorina citri* Kuw. Le premier transmet la maladie en Afrique, à l'île de la Réunion, à l'île Maurice, à l'île Sainte Hélène; le second est responsable de la transmission aux Indes, en Extrême Orient, à l'île de la Réunion et à l'île Maurice. (18)

Le "Stubborn" (7, 8) est très répandu dans le Sud-ouest des Etats-Unis (Californie, Arizona) et dans la Méditerranée où il est connu parfois sous des noms différents: maladie de l'oranger "Safargali" en Egypte, "Little leaf disease" en Israël. Le "Stubborn" serait également transmis par vecteurs, mais ceux-ci n'ont pas enco-

re été identifiés.

"Greening" et "Stubborn", sous leurs diverses formes ou dénominations, ont de nombreux points communs et l'hypothèse de leur plus ou moins grande parenté a souvent été émise (7, 8). Mais ils ont aussi des caractères différentiels. Ainsi les symptômes du "Greening" ne se manifestent pas quand les plants infectés sont maintenus à des températures de 32°C le jour et de 27°C la nuit, alors que, dans les mêmes conditions, les symptômes du "Stubborn" se développent rapidement et s'expriment d'une façon aigüe (9).

Le "Stubborn" (10) comme le "Greening" (11) peuvent être transmis par inoculation de greffage. Sur la base de ces résultats, il était généralement admis que l'agent causal impliqué

était de nature virale. Cependant, par certains de leurs aspects, "Greening" et "Stubborn" n'avaient pas les caractères d'une virose typique. Ainsi le pourcentage de transmission par inoculation de greffage était faible ; la distribution de l'agent pathogène dans les arbres malades était irrégulière ; l'agent causal ne semblait pas se propager rapidement des parties atteintes vers les parties saines. Dans l'hypothèse "virus", ces anomalies étaient expliquées en supposant que le virus impliqué était doté de propriétés particulières : distribution limitée dans l'arbre, faible vitesse de translocation. Ces explications n'étaient cependant pas entièrement satisfaisantes, et il convenait de rechercher si un agent causal autre qu'un virus pouvait être impliqué.

LES MYCOPLASMES

DOI et coll. (12) sont les premiers à avoir attribué à des organismes de type mycoplasme le rôle d'agent causal dans certaines maladies des plantes considérées jusque là comme des viroses. Ils ont mis en évidence de tels organismes dans les plantes atteintes des affections suivantes : balai de sorcière de la pomme de terre, jaunisse de la reine-marguerite, balai de sorcière du Paulownia, nanisme du murier. D'autres maladies ont depuis été attribuées à des mycoplasmes : phyllodie du trèfle, Stolbur de la tomate, flavescence dorée de la vigne, prolifération ou balai de sorcière du pommier, dépérissement du poirier, etc. (13).

Les mycoplasmes constituent un groupe de microorganismes relativement hétérogène. Ce sont les plus petits organismes connus, capables de se développer *in vitro* dans un milieu synthétique acellulaire. L'une de leurs caractéristiques essentielles réside dans le fait qu'ils n'ont pas de paroi cellulaire rigide et qu'ils sont de ce fait pléomorphes. Les myco-

plasmes par de nombreuses propriétés rappellent certaines formes de bactéries appelées formes "L" et qui constituent des bactéries ne possédant plus de paroi cellulaire rigide. Parmi les propriétés communes des mycoplasmes et des formes L, on peut citer l'absence de paroi cellulaire rigide, le pléomorphisme (variabilité de la forme et de la taille), les exigences nutritionnelles semblables, la résistance à la pénicilline et aux sulfonamides, la sensibilité aux tetracyclines, la forme de leurs colonies (aspect "oeuf sur le plat"!). Cependant, à l'heure actuelle, l'identité entre mycoplasme et forme L n'est pas encore totalement établie.

Le rôle des mycoplasmes dans les maladies des végétaux n'est connu que depuis 1967 (12) mais depuis longtemps ces mycoplasmes étaient reconnus comme étant les agents causaux de certaines maladies chez les animaux et chez l'homme comme la pleuro-pneumonie, d'où d'ailleurs le nom de "PPLO" (pleuropneumonia-like organisms) qui leur est parfois donné.

MYCOPLASMES DANS LES TISSUS D'AGRUMES ATTEINTS DE "GREENING", DE "STUBBORN" OU DE "CITRUS DECLINE"

Un symptôme fréquemment associé aux maladies à mycoplasme des végétaux est l'aspect "balai de sorcière". Ce symptôme est également caractéristique du "Stubborn". De même,

certaines feuilles d'agrumes atteintes de "Greening" rappellent les feuilles des plantes atteintes de jaunisse à mycoplasme. Il était donc nécessaire de vérifier si "Greening" et

"Stubborn" des agrumes ne pouvaient pas être dus à des mycoplasmes.

CULTURE DES PLANTS D'AGRUMES

Tous les plants d'agrumes ont été cultivés en boîtes plastiques d'un volume de 5 litres. Les boîtes étaient remplies de laine de verre sur un quart de leur hauteur et de vermiculite sur la hauteur restante. Les plants étaient alimentés au moyen d'une solution nutritive ordinaire. Certains plants ont été conservés à Versailles en serre non climatisée (température maximum en été par plein ensoleillement : 35°C pendant quelques heures). Les conditions de la serre sont telles que les symptômes de "Greening" sont manifestes toute l'année, alors que les symptômes de "Stubborn" n'apparaissent que sur les pousses qui se développent pendant les périodes chaudes de l'été.

D'autres plants ont été placés au Phytotron à Gif sur Yvette (France), soit dans une chambre "froide", soit dans une chambre "chaude". Les conditions de la chambre "froide" étaient les suivantes : température diurne : 24°C ; température nocturne : 22°C ; humidité relative 80 p. cent le jour et la nuit ; héméro-période : 16 heures (cycle de 24 heures) ; éclairage : lumière naturelle et éclairage d'appoint de 5 h 45 à 21 h 45.

Les conditions de la chambre "chaude" étaient les suivantes : température diurne : 32°C ; température nocturne : 27°C ; humidité relative : 80 p. cent pendant le jour et 60 p. cent pendant la nuit ; éclairage artificiel : 16 heures (cycle de 24 heures) de 5 h 45 à 21 h 45.

PREPARATION DES COUPES POUR L'OBSERVATION AU MICROSCOPE ELECTRONIQUE.

Les nervures des feuilles ont été découpées à la lame de rasoir en échantillons suffisamment petits pour obtenir une bonne fixation du tissu. Les échantillons ont été fixés pendant 5 h dans le glutaraldéhyde à 4 p. cent dans un tampon phosphate 0,07 molaire contenant du saccharose à la molarité de 0,25 et au pH final de 7,4 ; ils ont été rincés dans trois bains successifs du même tampon phosphate, dont le second a duré toute la nuit ; puis ils ont été postfixés au tétraxide d'osmium à 1 p. cent dans du tampon phosphate 0,05M au pH de 7,4. Après déshydratation à l'éthanol, les échantillons ont été placés dans 4 bains successifs d'Epon au cours d'une période de 48 heures ;

ils ont été finalement inclus dans l'Epon et mis à polymériser pendant 3 jours à l'étuve à 60°C. Des coupes ultrafines transversales ou longitudinales ont été effectuées après qu'on ait pris soin de localiser la zone des cellules criblées à la loupe binoculaire. Les coupes ont été colorées au citrate de plomb et observées au microscope électronique "Siemens Elmiskop I".

RESULTATS

Dans une note précédente (16) nous avons déjà signalé la présence de mycoplasmes dans les feuilles d'oranger atteint de "Greening" d'Afrique du Sud. IGWEGBE et CALAVAN ont également trouvé des mycoplasmes dans les tissus atteints de "Stubborn" (14). Depuis nous avons mis en évidence les mycoplasmes dans les cas suivants : "Greening" de la Réunion, "Stubborn" de Californie et "Citrus Decline" des Indes. D'une façon plus précise, nous avons découvert des organismes de type mycoplasme dans les tissus foliaires et plus particulièrement dans les tubes criblés différenciés des plants d'agrumes suivants :

- Oranger ELOFF atteint de "Greening" (souche Nelspruit). L'inoculation de la maladie à cet oranger a été réalisée au moyen du psylle vecteur *Trioza erythrae* Del Guercio par le Dr R. E. SCHWARZ en Afrique du Sud. Le plant a été expédié à Versailles en janvier 1967. Il n'était atteint d'aucune maladie connue autre que le "Greening". Il n'a cessé de manifester les symptômes foliaires du "Greening" depuis les trois ans et demi qu'il est conservé en serre à Versailles. Les planches I-A et II-A représentent les organismes de type mycoplasme dans les tubes criblés des nervures foliaires de l'oranger ELOFF.

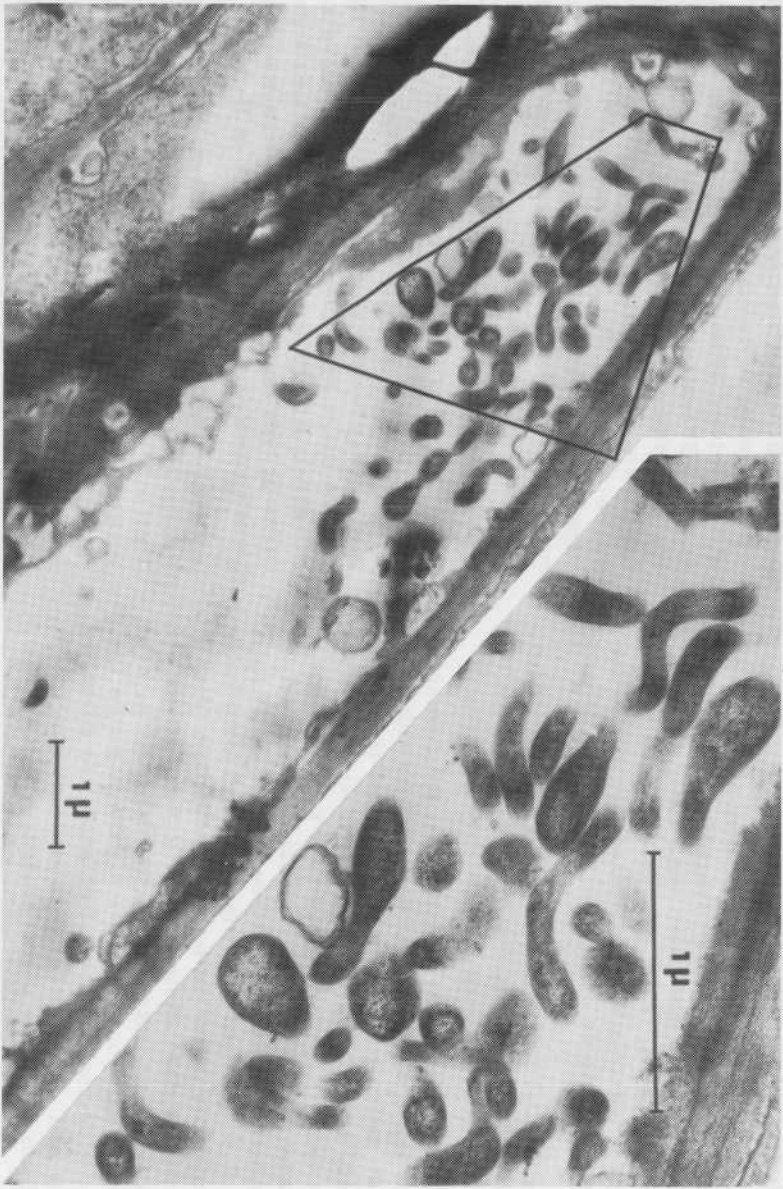
- Oranger HAMLIN greffé sur Tangelo ORLANDO, introduit en juillet 1969 dans la chambre "froide" du Phytotron. Le greffon d'oranger HAMLIN multiplié sur Tangelo ORLANDO en juin 1969 provient d'un oranger HAMLIN inoculé en mars 1968 avec un greffon prélevé sur l'oranger ELOFF décrit plus haut. Les structures de type mycoplasme observées sont identiques à celles des planches I-A et II-A.

- Oranger HAMLIN inoculé en mars 1968 avec des greffons d'un oranger WASHINGTON NAVEL sur ROUGH LEMON prélevés par le Dr J. BRUN à "La Possession" (île de la Réunion). L'un de nous (J. M. BOVE) a vu le verger en novembre 1968 et a pu confirmer la sévérité des symptômes du "Greening". Les greffons

PL. I

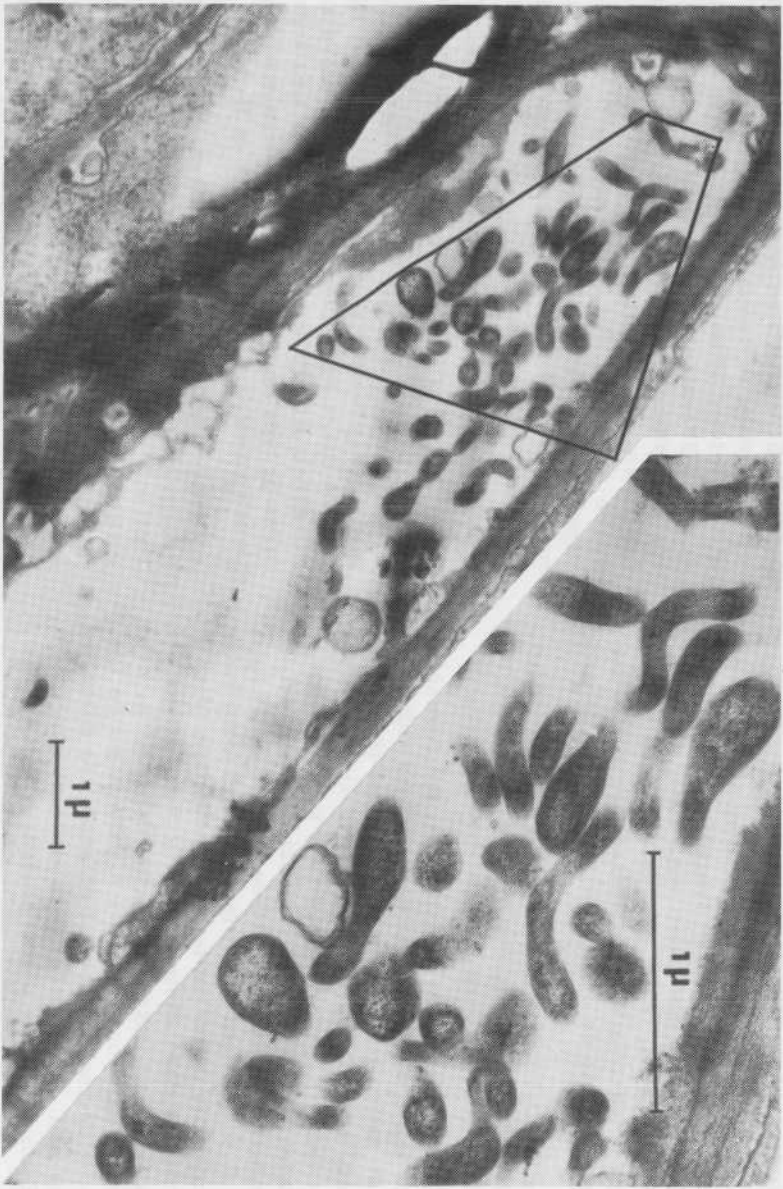


A



B

C

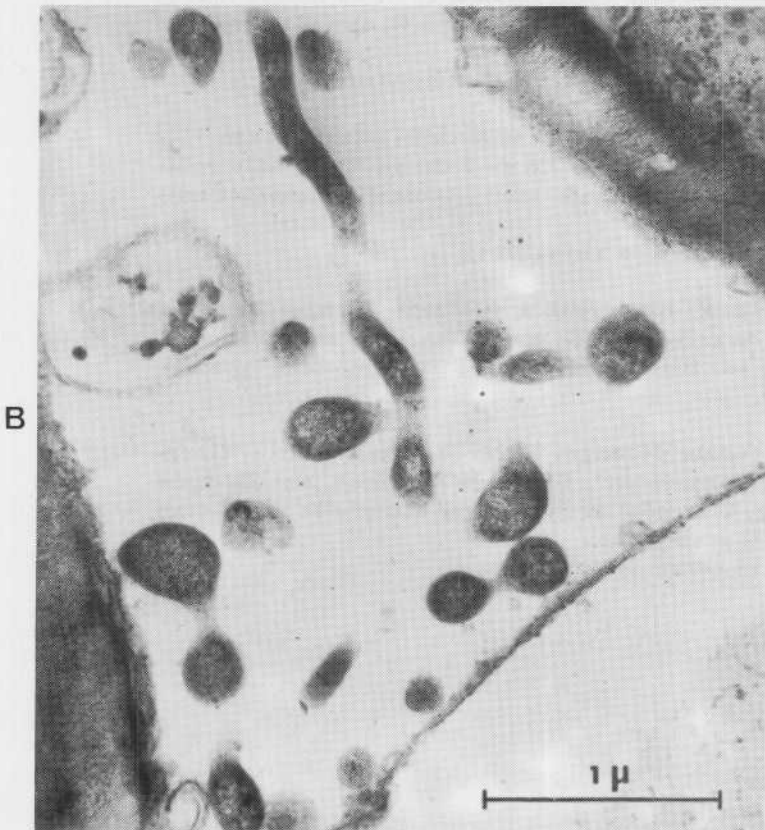
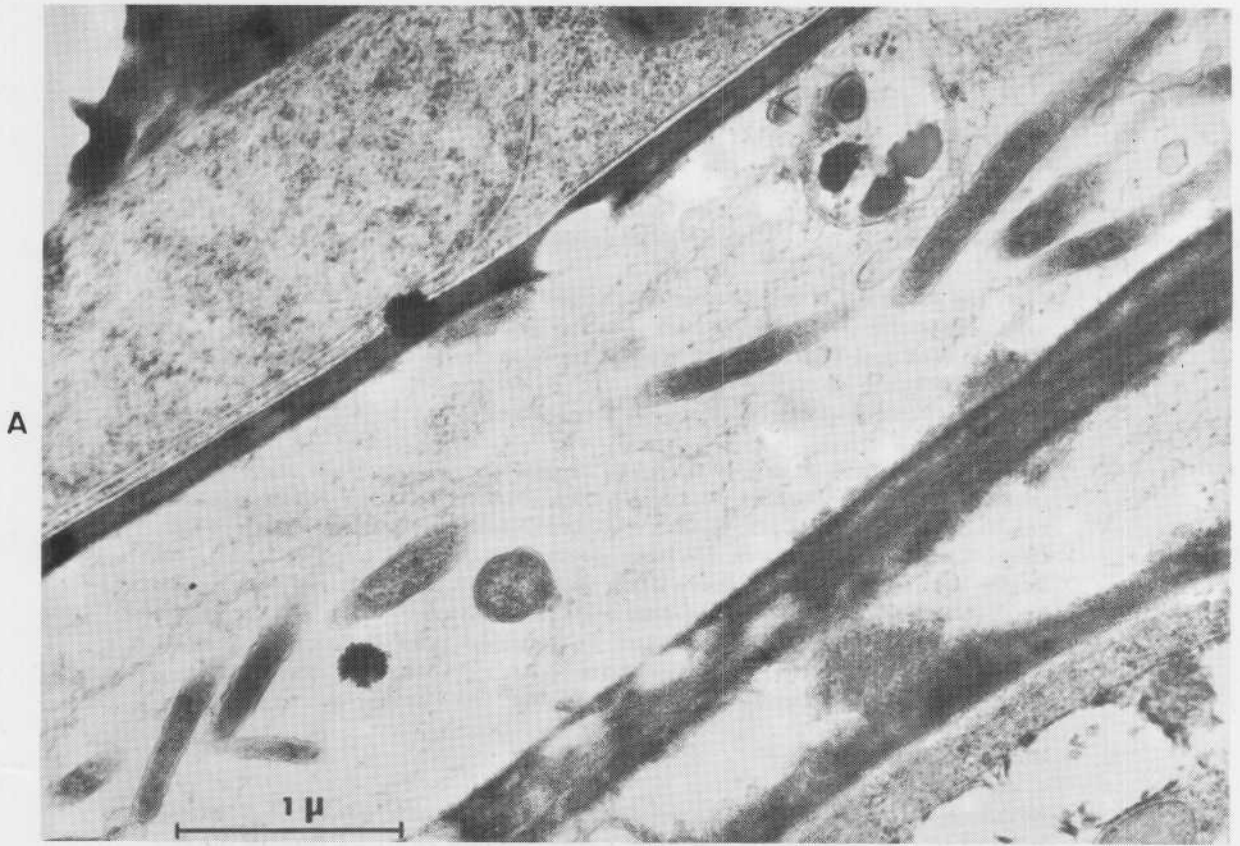


LÉGENDES DES PLANCHES

Toutes les planches correspondent à des coupes longitudinales et représentent des structures de type mycoplasme dans les tubes criblés des tissus suivants :

- Pl. I-A et II-A* nervure latérale d'une feuille d'oranger ELOFF infecté par le "Greening" (souche Nelspruit). La feuille mesurait 3 cm de long. Les symptômes qui l'affectaient étaient du type "nervures jaunes sur fond de parenchyme vert."
(feuille récoltée dans la serre de Versailles).
- Pl. I-B et II-B* nervure centrale d'une très jeune feuille d'oranger Madame VINOUS infecté par le "Stubborn" (souche californienne 189) et choisie sur les indications de E. C. CALAVAN (14). La feuille mesurait 1 cm de long. Contrairement aux feuilles normales qui font avec la tigelle un angle aigu, la feuille utilisée était implantée à angle droit. Son limbe au lieu d'être plan présentait un aspect contourné. Elle s'était développée immédiatement au-dessus de feuilles plus âgées manifestant les symptômes typiques du "Stubborn".
(feuille prélevée dans la chambre "chaude" du Phytotron).
- Pl. I-C* détail de I-B.
- Pl. II-C* nervure centrale d'une très jeune feuille d'oranger Madame VINOUS infecté par le "Stubborn" (souche californienne 189). La feuille mesurait 1 cm de long, elle était perpendiculaire à la tigelle et de coloration vert-jaune.
(feuille prélevée dans la chambre "froide" du Phytotron).
- Pl. III-A* nervure centrale d'une feuille d'oranger MOSAMBI infecté par le "Citrus Decline" (souche de Poona). Feuille de 2 cm de long, mais relativement âgée, symptômes type "jaunisse" ; coloration jaunâtre uniforme du limbe.
(feuille prélevée dans la serre de Versailles).
- Pl. III-B* même oranger qu'en III-A, mais feuille différente, longue de 3 cm, implantée en-dessous de celle utilisée pour III-A. Les nervures verdâtres se détachaient sur fond de limbe jaunâtre (symptôme type carence de zinc).
- Pl. III-C* nervure latérale d'une feuille d'oranger HAMLIN infecté par le "Greening" (souche de "La Possession", île de la Réunion). Feuille âgée, mesurant 4 cm de long. D'un côté de la nervure utilisée le limbe était vert foncé, de l'autre il était jaune.
(feuille prélevée dans la serre de Versailles).

PL. II



PL. III



utilisés étaient contaminés, en outre, par la Tristeza, endémique dans l'île de la Réunion. Nous avons récemment obtenu sur bigaradier une réaction "Seedling yellows" très sévère avec cette souche de Tristeza (6). La planche III-C montre un aspect des mycoplasmes du "Greening" de La Réunion.

● Oranger Madame VINOUS inoculé avec le "Stubborn" (souche californienne 189). L'inoculation a été effectuée à Riverside, Californie, par les soins du Dr E.C. CALAVAN. Les plants ont été reçus à Versailles en mars 1969 et placés en avril 1969 dans la chambre "chaude" du Phytotron. L'aspect des mycoplasmes correspondant au "Stubborn" est illustré sur les planches I-B, I-C et II-B.

● Oranger Madame VINOUS. Il s'agit de plants identiques à ceux décrits ci-dessus. Ils ont été placés, en avril 1969, dans la chambre "froide" du Phytotron. Les mycoplasmes ont le même aspect que ceux de l'oranger Madame VINOUS précédent.

● Oranger MOSAMBI inoculé en 1968 avec le "Citrus Decline" par le Dr S.P. CAPOOR à Poona (Indes), au moyen de nymphes de *Diaphorina citri* Kuw. du cinquième stade. Ce plant n'est atteint d'aucune maladie connue autre que le "Citrus Decline". Il est conservé en serre à Versailles, depuis novembre 1969.

Les planches III-A et III-B représentent les structures de type mycoplasme rencontrées dans les tubes criblés des tissus foliaires de cet oranger.

MYCOPLASMES DU "GREENING", DU "STUBBORN" ET DU "CITRUS DECLINE": DISCUSSION ET COMPARAISON DES RESULTATS

A la suite des observations microscopiques qui ont été effectuées jusqu'à présent les indications suivantes semblent se dégager, mais des travaux supplémentaires sont nécessaires pour les confirmer.

1°) Dans les tubes criblés vus en coupe longitudinale, l'aspect général de l'ensemble des mycoplasmes semble être différent suivant qu'il s'agit du "Greening" ou du "Stubborn". Les formes du "Greening" semblent plus raides, plus allongées, plus filamenteuses que celles du "Stubborn" qui, au contraire, apparaissent plus renflées (haltères !), plus arrondies, plus pléomorphes, plus sinusoidales (Planche I-A comparée à I-B, et II-A comparée à II-B et à II-C). La différence vient peut-être du fait que dans le cas du "Stubborn" il existe davantage de formes qui semblent traduire un état de bourgeonnement ou de division, d'où l'existence des structures en forme d'haltères (II-B). La différence observée pourrait être liée, à la rigueur, à la nature différente des hôtes dans lesquels se développent les mycoplasmes: orangers Madame VINOUS pour le "Stubborn", orangers HAMLIN ou ELOFF pour le "Greening"; cela semble cependant peu probable puisque dans le cas du "Greening" les mycoplasmes ont le même aspect, qu'ils se trouvent dans un oranger ELOFF ou dans un oranger HAMLIN, voire même dans un oranger MOSAMBI.

Si cette distinction morphologique se confirmait, il s'agirait là d'une donnée importante pour caractériser le "Stubborn" et le "Greening" non pas d'après les symptômes provoqués, mais d'après l'aspect global des mycoplasmes dans les tubes criblés.

2°) L'allure générale des mycoplasmes du "Stubborn" et en particulier la proportion des formes en haltères sont les mêmes qu'il s'agisse des plants de la chambre "chaude" ou de ceux de la chambre "froide". Dans le cas du "Greening", il n'y a pas de différence entre les mycoplasmes des plants de la chambre "froide" du Phytotron et ceux de la serre de Versailles.

L'aspect des mycoplasmes semble également être indépendant de l'époque de prélèvement des tissus foliaires. Ainsi dans le cas du "Citrus Decline" les structures observées étaient les mêmes, qu'elles proviennent de grandes feuilles panachées prélevées le 24 mars 1970 ou de petites feuilles prises le 19 mai 1970.

3°) Dans le cas du "Stubborn", le nombre de mycoplasmes dans les tubes criblés est beaucoup plus grand dans les plants qui se développent en chambre "chaude" (32°C-27°C) que celui des plants de la chambre "froide" (24°C-

22°C). Cette observation explique sans doute pourquoi les symptômes du "Stubborn" sont beaucoup plus sévères dans la chambre "chaude" que dans la chambre "froide" et pourquoi ils s'y manifestent également beaucoup plus vite.

4°) Les plants atteints de "Greening" manifestent d'excellents symptômes dans la chambre "froide" et l'observation microscopique y révèle la présence des mycoplasmes. Si de tels plants sont amenés de la chambre "froide" où ils renferment des mycoplasmes dans la chambre "chaude", ils développent immédiatement des pousses vigoureuses qui ne manifestent pas le moindre symptôme de "Greening" (9). Quatre semaines après le transfert des plants de la chambre "froide" à la chambre "chaude", il n'a pas été possible, jusqu'à présent, de mettre en évidence les mycoplasmes dans les nouvelles pousses.

5°) Jusqu'à présent, les mycoplasmes du "Stubborn" n'ont pu être mis en évidence que dans les très jeunes feuilles (1 cm de long) atteintes de symptômes. Ils n'ont pas pu être observés dans les feuilles âgées, même si celles-ci présentent des symptômes typiques de "Stubborn" (taille réduite, panachure ou coloration plus claire à l'extrémité de la feuille). Des résultats semblables ont été obtenus par les chercheurs de Californie (14).

Au contraire, les mycoplasmes du "Greening" ont pu être mis en évidence assez facilement dans les feuilles adultes manifestant des symptômes (panachures ou "leaf-mottle", taches vertes sur fond jaune), qu'il s'agisse du "Greening" d'Afrique du Sud et de La Réunion, ou du "Citrus Decline" des Indes. Les mycoplasmes ont aussi été observés dans les très jeunes feuilles (1 cm) atteintes du "Citrus Decline" des Indes. L'aspect des mycoplasmes semble être le même, qu'ils soient observés dans les feuilles panachées adultes ou dans les très jeunes feuilles malades.

L'un des symptômes foliaires du "Greening" réside dans le fait que d'un côté d'une nervure latérale le limbe foliaire est vert foncé alors que de l'autre, il est vert pâle ou jaune. Dans le cas du "Greening" de La Réunion, pour lequel de telles feuilles étaient disponibles, les mycoplasmes ont été assez facilement obser-

vés au niveau de la nervure latérale séparant les deux types de tissus (III-C).

6°) La forme générale des mycoplasmes observés dans les tissus atteints de "Citrus Decline" des Indes, est très semblable à celle qui paraît assez caractéristique du "Greening" (comparer III-A et III-B à II-A). On est donc tenté de rapprocher le "Citrus Decline" du "Greening" plutôt que du "Stubborn". Les études en cours sur les effets de la température sur l'expression des symptômes du "Citrus Decline" pourront infirmer ou confirmer cette hypothèse.

7°) Dans le cas du "Greening", comme dans celui du "Stubborn" on peut voir des mycoplasmes en train de passer au travers des pores du crible (II-C). Cette observation montre que ces organismes peuvent se mouvoir à travers le tissu conducteur libérien, et envahir des cellules saines à partir de cellules infectées.

8°) Dans le cas du "Stubborn", les mycoplasmes ont été observés dans les vacuoles de jeunes tubes criblés en voie de différenciation.

9°) Les mycoplasmes ne semblent pas être répartis d'une façon homogène dans les tissus, même si ceux-ci présentent des symptômes sur toute leur étendue. Sur les coupes provenant de certains fragments foliaires, aucun mycoplasme ne peut être observé, alors que sur les coupes d'autres fragments de la même feuille, les mycoplasmes sont très nombreux au niveau de certains tubes criblés. La mise en évidence des mycoplasmes des agrumes nécessite donc l'observation de nombreuses coupes provenant de multiples régions différentes de la surface foliaire ou corticale.

Il est donc possible que les tissus, dans lesquels on n'a pas encore réussi la mise en évidence de mycoplasmes jusqu'à présent (par exemple : feuilles adultes atteintes de "Stubborn") se révéleront néanmoins contenir ces structures à la suite d'observations plus nombreuses. Il convient d'être prudent quant aux conclusions que l'on peut tirer d'observations négatives.

10°) Jusqu'à présent, des structures de types mycoplasmes n'ont pas été observées dans les feuilles d'agrumes sains.

CONCLUSION

Conscient des difficultés qui viennent d'être signalées, on peut cependant tirer les conclusions suivantes basées sur les premières données positives :

1° Les points communs entre "Greening" et "Stubborn" ont souvent été indiqués (7, 8), ceux entre "Greening" et "Citrus Decline" ont également été énoncés (15). La découverte de mycoplasmes dans les tissus atteints de "Greening" (Afrique du Sud ou Réunion), de "Stubborn" (Californie) ou de "Citrus Decline" (Indes) apporte maintenant un argument décisif quant à l'existence de relations étroites entre ces diverses maladies. Sur la base de ces résultats, on peut aisément prédire que très prochainement les mycoplasmes seront mis en évidence dans les agrumes atteints de "Likubin" (Formose), de "Yellow Shoot" (Chine) ou de "Leaf-mottle" (Philippines).

2° Le fait de trouver des mycoplasmes dans les tissus affectés par l'une ou l'autre de ces maladies suggère évidemment que l'agent causal de ces maladies est très certainement un mycoplasme et non pas un virus. Cependant, ce fait ne constitue pas en soi une preuve suffisante. Il convient maintenant d'isoler le pathogène et de reproduire expérimentalement la maladie en le réinoculant. En attendant, un argument supplémentaire pour attribuer le "Stubborn" à un mycoplasme vient du fait que les symptômes foliaires de la maladie ont pu être éliminés à la suite d'un traitement aux tétracyclines (14).

3° Nous avons déjà signalé, dans une note précédente (16) que si le "Greening" est vraiment une mycoplasme, il constituera l'un des premiers exemples connus d'une maladie à mycoplasme transmise par un psylle, en l'occurrence *Trioza erythrae* Del Guercio. Le "Citrus Decline" des Indes transmis par un autre psylle, *Diaphorina citri* Kuw. en est un second. Un troisième exemple est fourni par la maladie du déclin du poirier (Pear Decline) transmis par *Psylla pyricola* Foerster et pour laquelle des mycoplasmes viennent également d'être

découverts (17).

4° Si, autrefois, l'hypothèse "virus" ne permettait pas de rendre compte des propriétés particulières du "Greening" ou du "Stubborn", le fait d'attribuer maintenant ces maladies à des mycoplasmes permet bien de concevoir pourquoi elles ne répondent pas tout à fait aux propriétés d'une virose, mais les particularités mêmes du "Greening" ou du "Stubborn" n'en sont pas entièrement comprises pour autant. Il est nécessaire que l'étude des mycoplasmes phytopathogènes progresse davantage.

5° Par certains aspects, "Greening" et "Stubborn" sont différents. La principale différence réside dans le comportement vis-à-vis de la température. La température optimale pour l'expression des symptômes du "Greening", type Afrique du Sud est d'environ 24°C ; elles est de 32°C pour le "Stubborn", type Californie. Il sera intéressant de rechercher, quand les mycoplasmes auront pu être isolés, si ces différences reflètent l'existence de souches différentes de mycoplasmes quant à leur existence ou à leur sensibilité vis-à-vis de la température.

6° Dans la mesure où "Greening", "Stubborn" et maladies similaires sont provoquées par des mycoplasmes et non par des virus, l'espoir d'une lutte chimique contre ces maladies se précise. On sait en effet que les mycoplasmes sont sensibles aux tétracyclines et, effectivement, l'application de ces antibiotiques à des plants malades a donné des résultats positifs, sinon une guérison totale. Dans le cas du "Stubborn", l'utilisation de tels antibiotiques sur des plantes en serre a, d'ores et déjà, permis de faire disparaître un symptôme foliaire typique du "Stubborn" (14).

Ainsi, la découverte de l'agent causal probable du "Greening", du "Stubborn" et des maladies similaires permet d'envisager d'une façon plus optimiste l'avenir de l'agrumiculture dans ses relations avec ces maladies.

REMERCIEMENTS

Ce travail n'aurait pas été possible sans l'aide que nous ont apportée le Dr E. C. CALAVAN (Riverside, Californie), le Dr R. E. SCHWARZ (Nelspruit, Afrique du Sud) et le Dr S. S. CAPOOR (Poona, Indes).

Les plants atteints de "Stubborn" ont été fournis par E. E. CALAVAN et ceux affectés par le "Greening" (souche Nelspruit) proviennent de R.

SCHWARZ. Ces deux types de plants font partie d'une étude sur les effets de la température sur le "Greening" et le "Stubborn" entreprise en collaboration avec E. C. CALAVAN et R. E. SCHWARZ. Le plant atteint de "Citrus Decline" a été mis à notre disposition par S. P. CAPOOR.

Que tous trois trouvent ici l'expression de notre reconnaissance.

Mme M. GORET et Mr J. TAILLER nous ont apporté une excellente aide technique.

Ce travail a bénéficié d'une subvention de la D. G. R. S. T. dans le cadre d'un contrat avec l'Institut français de Recherches fruitières Outre Mer (IFAC).

BIBLIOGRAPHIE

- 1 - OBERHOLZER (P.C.J.), VON STANDEN (D.F.A.) and BASSON (W.J.). Greening Disease of Sweet Orange in South Africa.
Proc. 3d Conf. Intern. Organization Citrus Virol., 1965, p. 213-219.
- 2 - FAWCETT (H.S.), PERRY (J.C.) and JOHNSTON (J.C.). The stubborn disease of citrus.
Calif. Citrograph, 29, 1944, p. 146-147.
Proc. 4th Conf. Intern. Organization Citrus Virol., 1968, p. 1-5.
- 3 - BOVE (J.) et CASSIN (J.). Problèmes de l'agriculture malgache : compte-rendu de mission (17 octobre-7 novembre 1968): IFAC, Paris.
- 4 - BOVE (J.) et CASSIN (J.). Problèmes de l'agriculture réunionnaise : compte-rendu de mission 8 novembre-12 novembre 1968. IFAC, Paris.
- 5 - MOREIRA (S.). Enquête sur les maladies des agrumes, îles Maurice et de la Réunion.
Bulletin phytosanitaire de la FAO, 15, 1967, p. 59-60.
- 6 - BOVE (J.M.) et TAILLER (J.). 1970, manuscrit en préparation.
- 7 - CALAVAN (E.C.). A review of Stubborn and Greening Diseases of Citrus.
Proc. 4th Conf. Intern. Organization Citrus Virol., 1968, p. 105-115.
- 8 - BOVE (J.M.). Maladies à virus des citrus dans les pays du bassin méditerranéen.
Fruits, 1967, vol. 22, n° 3, p. 125-140.
- 9 - BOVE (J.M.), CALAVAN (E.C.) et SCHWARZ (R.E.): manuscrit en préparation.
- 10 - CALAVAN (E.C.) and CHRISTIASSEN (D.W.). Rapid indexing for Stubborn disease of Citrus.
Phytopathology, 55, 1053.
Proc. 4th Conf. Intern. Organization Citrus Virol., 1968, p. 114.
- 11 - McCLEAN (A.P.D.) and OBERHOLZER (P.C.J.). Greening disease of the sweet Orange : Evidence that it is caused by a transmissible virus.
S. Africa Journal of Sciences, 8, 1965, p. 253-276.
- 12 - DOI (Y.), TERANAKA (M.), YORA (K.) and ASUYAMA (H.). Mycoplasma or P.L.T. group - like microorganisms found in the phloem elements of plants infected with mulberry dwarf, potato witches'broom, aster yellows, or Pawlownia witches'broom.
Ann. Phytopatho. Soc. Japon, 33, 259-266.
- 13 - WHITCOMB (R.F.) and DAVIS (R.E.). Mycoplasma and Phytarboviruses as plant pathogens persistently transmitted by insects.
Annual review of entomology, 15, 1970, p. 405-464.
- 14 - IGWEGBE et CALAVAN (E.C.). Communication personnelle.
- 15 - FRASER (L.M.) and SINGH (D.). Citrus dieback in India. The contribution of greening virus.
In. J.F.J. Childs (ed.), Proc. 4th Conf. Intern. Organization Citrus Virol., 1968, p. 141-144.
- 16 - LAFLECHE (D.) et BOVE (J.M.). Structure de type mycoplasme dans les feuilles d'orangers atteints de la maladie du "Greening".
C.R. Acad. Sciences, 1970, 270, p. 1915-1917.
- 17 - HIBINO (H.) and SCHNEIDER (H.). Mycoplasma like bodies in sieve tubes of pear trees affected with pear decline.
Phytopathology, 1970, 60, p. 499-501.
- 18 - CATLING (H.D.). Distribution géographique des psylles vectrices de la maladie du "Greening" des agrumes, avec notes sur la biologie et la bionomie de *Diaphorina citri*.
Bulletin phytosanitaire de la FAO, vol. 18, 1970 p. 8-15.

Manuscrit reçu le 16 juin 1970.

ALBUMS DE DIAPOSITIVES ÉDITÉS PAR L'I. F. A. C.

Le diagnostic des altérations, maladies et carences exige *une connaissance exhaustive des divers aspects* sous lesquels une même affection peut se présenter. En ce domaine, la photographie en couleurs est seule capable de suppléer dans une certaine mesure à l'information visuelle directe. Malheureusement, le coût élevé des reproductions ne permet pas à *Fruits* d'en faire bénéficier ses lecteurs avec la fréquence souhaitable. Aussi l'I. F. A. C. a décidé l'utilisation d'un procédé de diffusion mieux adapté.

Chaque ouvrage est présenté sous boîtier cartonné 13 × 18 cm comprenant les diapositives groupées par 6 dans des pochettes avec une légende explicative pour chacune d'elles.

Trois titres ont déjà été édités dans cette nouvelle collection :

MALADIES FONGIQUES DES BANANES EN ENTREPÔT

par **É. LAVILLE** (I. F. A. C.)

Dans le cadre de la lutte contre les pourritures des bananes en mûrisserie, l'auteur s'est efforcé de présenter au lecteur une liste par organe des champignons parasites ou saprophytes isolés à ce jour, en précisant les dégâts auxquels ils sont habituellement associés.

Sous un même boîtier le lecteur trouvera :

— un livret (texte de présentation) comprenant un répertoire des principaux champignons parasites des bananes et de leurs effets sur les différents organes du régime ;

— une série de 30 diapositives en couleurs groupées 6 par 6 sous jaquette plastique transparente avec légendes, utilisables avec tous les projecteurs ou visionneuses usuels.

Prix : 44,75 F
+ TVA

CARENCES ET TROUBLES DE LA NUTRITION CHEZ LE BANANIER

par **J.-M. CHARPENTIER** et **P. MARTIN-PRÉVEL** (I. F. A. C.)

Cet album illustre, avec 86 diapositives en couleurs, reproduisant des photographies prises au cours d'expériences en culture hydroponique ou dans des plantations d'Afrique, des Antilles, d'Amérique latine, les aspects des divers troubles de la nutrition minérale actuellement connus chez le bananier : carences, déséquilibres et toxicités.

Le livret qui accompagne les diapositives comporte trois parties :

- 1) un exposé des conditions de validité d'un diagnostic fondé sur l'observation visuelle de la plante ;
- 2) une description détaillée des carences, excès ou déséquilibres avec renvoi aux photographies correspondantes ;
- 3) un tableau synoptique résumant en quelques lignes chacune des descriptions précédentes.

Les légendes des diapositives peuvent être obtenues en anglais.

Prix : 107,40 F
+ TVA

LES ALTÉRATIONS ET LES MALADIES FONGIQUES D'ENTREPOSAGE DES AGRUMES ET DE DIVERS FRUITS TROPICAUX

par **É. LAVILLE** (I. F. A. C.)

Ce volume est consacré aux maladies d'entreposage des fruits tropicaux.

Il comporte 84 diapositives en couleurs reproduisant les *symptômes exacts* des maladies fongiques survenant après récolte, sur les fruits exotiques tels que les Agrumes, l'Ananas, l'Avocat, la Mangue, et sur d'autres moins connus comme le Mangoustan, la Passiflore, les Litchis, les Papayes, etc.

Le livret qui les accompagne se compose d'une part de conseils adaptés à chaque fruit, pour en assurer la meilleure conservation et par conséquent la meilleure présentation, et d'autre part de descriptions détaillées des principales maladies pouvant survenir, ainsi que les moyens de les éviter.

Prix : 116,35 F
+ TVA

Adresser les commandes à :

Institut Français de Recherches Fruitières Outre-Mer (Service des Publications)
6, rue du Général-Clergerie, 75-Paris (16^e)