

LE CRISTACORTIS: UNE NOUVELLE MALADIE À VIRUS DES AGRUMES

R. VOGEL *

LE CRISTACORTIS :
UNE NOUVELLE MALADIE A VIRUS DES AGRUMES

R. VOGEL (IFAC)

Fruits, juin 1974, vol. 29, n°6, p. 417-431.

RÉSUMÉ - Dans un préambule, rappel de la terminologie relative aux maladies à virus des agrumes, de la sensibilité des différents cultivars et des différentes méthodes de reproduction et d'inoculation.

Le chapitre I traite de l'historique des maladies à virus en Corse, des travaux de la Station de Recherches agronomiques de Corse dans ce domaine, en insistant plus particulièrement sur le cristacortis.

Le chapitre II est réservé aux méthodes d'indexation, non seulement celles propres au cristacortis, mais également les principales plantes indicatrices utilisées et les techniques d'indexation pour les autres maladies à virus des agrumes, Tristeza, psorose, cachexie-xyloporose, exocortis, Impietratura, stubborn, ainsi que les différents types de transmission propres à ces affections.

PRÉAMBULE DÉFINITION DES TERMES

Généralités.

Les agrumes, comme de nombreuses autres espèces fruitières, ne sont pratiquement multipliés que par voie végétative et principalement par greffage. Les virus des Citrus se transmettent également par greffage. Il n'est donc pas surprenant que lorsque des greffons virosés sont utilisés, ces mêmes virus soient retrouvés dans toute la descendance (BOVÉ, 1967).

Sur les arbres des plantations commerciales, il n'est pas rare d'observer les symptômes de plusieurs maladies à virus à la fois. Ces symptômes peuvent apparaître à des emplacements déterminés de l'arbre et sous des aspects relativement spécifiques, ce qui permet à l'observateur de les distinguer assez facilement.

Dans d'autres cas, au contraire, les manifestations provoquées par des virus différents peuvent se ressembler ou

apparaître à proximité les unes des autres. Dans ce cas, l'observateur a des difficultés à les reconnaître, il peut les confondre et ne voir qu'une maladie là où il y en a plusieurs.

C'est pourquoi il est souvent difficile d'établir un pronostic en se basant uniquement sur l'observation visuelle des symptômes manifestés par un arbre. Pour apporter un jugement beaucoup plus précis, il convient toujours de procéder à des essais de transmission sur des plantes de cultivars connus pour leur sensibilité particulière à un seul virus. Les cultivars les plus sensibles aux maladies à virus et à mycoplasmes sont appelées : **plantes indicatrices** ou **plantes tests**. Grâce à une technique spéciale, l'**indexation**, que nous décrirons par la suite, on utilise la sensibilité particulière de ces cultivars pour détecter les virus renfermés dans les arbres des plantations.

Sensibilité des cultivars aux virus et aux mycoplasmes.

La presque totalité des agrumes cultivés dans le Bassin méditerranéen, était jusqu'à ces dernières années, greffée sur bigaradier (*Citrus aurantium* L.).

En ce qui concerne les maladies à virus, le bigaradier avait la particularité de ne pas manifester de symptômes corticaux des principales viroses connues : Psorose, Exocortis et Cachexie-Xyloporose. Le bigaradier peut multiplier ces

* - Station de Recherches agronomiques de Corse, San Giuliano 20 SAN NICOLAO.
Thèse présentée à l'Université de Bordeaux II pour obtenir le grade de Docteur ès-Sciences naturelles.

virus, mais il n'en présente pas les symptômes : c'est une **espèce tolérante** à ces virus.

L'extension de la Tristeza, l'une des plus graves viroses des agrumes, a diminué notablement l'intérêt de ce porte-greffe, par suite de l'extrême sensibilité à cette maladie de toutes les associations porte-greffe-greffe dans lesquelles le bigaradier est utilisé comme porte-greffe, exception faite de l'association qu'il peut former avec le citronnier [*Citrus limon* (L.) BURM].

Ainsi, par exemple, un oranger greffé sur bigaradier forme une association sensible à la Tristeza, bien que, l'oranger et le bigaradier, soient tous deux des espèces tolérantes à ce virus. On parle alors de **maladie d'association**.

Cependant, dans la plupart des cas, une seule partie de l'association (porte-greffe ou greffe) manifeste des symptômes de la maladie. Ainsi, un pomelo (*C. paradisi* MACF.) greffé sur *Poncirus trifoliata*, en présence de Tristeza, ne représentera des déformations corticales que sur la partie pomelo de l'arbre. Le pomelo est **sensible** à la Tristeza alors que le *P. trifoliata* y est **tolérant**.

D'autres cultivars sont au contraire incapables de multiplier et donc de transmettre un virus donné. Ces cultivars sont considérés comme **résistants** à ce virus. Malheureusement on est actuellement incapable de citer un Citrus résistant aux divers virus connus.

Les méthodes d'inoculation.

Sur un arbre appartenant au genre *Citrus*, apparaissent quelquefois de nombreuses anomalies dont il est difficile de connaître l'origine par simple observation visuelle.

Les panachures rencontrées sur rameaux, feuilles ou fruits peuvent avoir été provoquées par des conditions météorologiques particulières (PETRI, 1931), ou être induites par des carences minérales. Elles sont parfois provoquées par une mutation ou une chimère, mais elles peuvent également correspondre aux symptômes induits par un virus ou un mycoplasme.

Si un oeil prélevé sur un tel rameau est greffé sur un porte-greffe, il va se développer et donner, la plupart du temps, une pousse panachée. Cette technique qui consiste à greffer un oeil et à le laisser se développer est appelée : **greffage de multiplication** (figure 2).

L'obtention d'une pousse panachée à partir de cet oeil ne pourra pas indiquer l'origine ou la nature de cette panachure puisque, aussi bien une mutation, une chimère, une maladie à virus ou à mycoplasmes, donnera un résultat semblable.

L'oeil prélevé sur le rameau panaché peut aussi être greffé de la façon suivante : au lieu de le laisser démarrer comme dans le cas précédent, on peut interdire son propre développement et favoriser au contraire la croissance d'un oeil du porte-greffe. L'oeil greffé sert alors d'**inoculum** et cette technique est appelée **greffage d'inoculation**. (figure 2).

Dans ce cas, si la pousse du porte-greffe devient panachée, on considère qu'il y a eu transmission d'un **agent infectieux** de l'oeil (inoculum) à la nouvelle pousse, à travers les tissus de la plante.

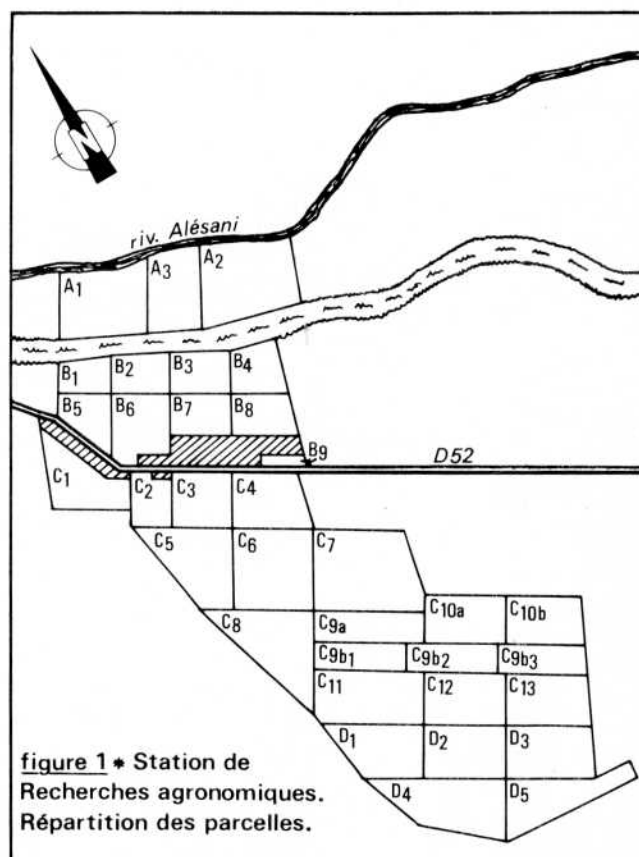


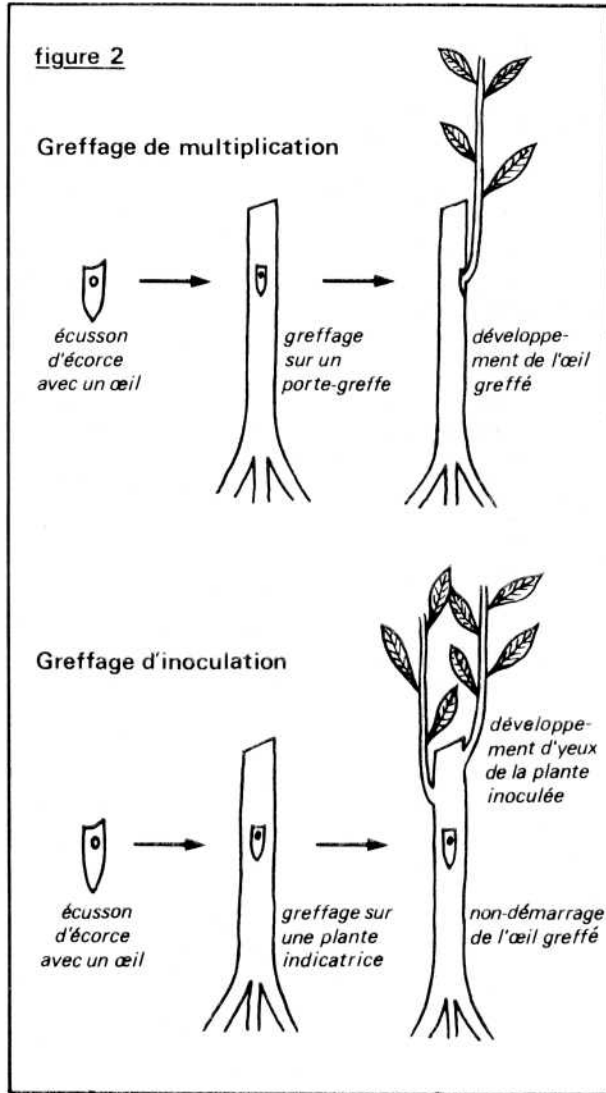
figure 1 * Station de Recherches agronomiques. Répartition des parcelles.

Si le greffage de multiplication fait forcément appel à un oeil ou à un groupe d'yeux dont on favorisera le développement par la suite, le greffage d'inoculation peut au contraire être pratiqué avec de nombreuses sortes d'inoculum. Pour inoculer les maladies à virus des agrumes, on peut utiliser aussi bien des yeux que des morceaux d'écorce dépourvus d'yeux, ou des portions de limbe de feuilles.

Lorsque le greffage de multiplication est entrepris, la plante qui reçoit l'oeil est appelée **porte-greffe**. Au contraire, pour le greffage d'inoculation, on choisit de préférence des plantes très **sensibles** à telle ou telle virose ; les plus sensibles d'entre elles sont appelées **plantes indicatrices** ou **plantes tests**. Les **plantes inoculées** sont celles qui ont reçu le ou les **inoculums**.

De nombreux arbres des vergers sont porteurs de virus ou de mycoplasmes sans manifester de symptômes (**variétés tolérantes**). Pour mettre en évidence la présence de ces agents pathogènes «**latents**», il est nécessaire de mettre en oeuvre une technique particulière que nous appelons l'«**in-dexation**».

Cette technique consiste à utiliser des plants de cultivars très sensibles à tel ou tel virus ou mycoplasme (plantes indicatrices ou plantes tests) et à les inoculer à l'aide d'inoculums prélevés sur l'arbre à tester ou **arbre candidat**.



Les plants de semis.

La plupart des cultivars d'agrumes donnent des graines qui, à quelques exceptions près, possèdent plusieurs embryons : ce sont des cultivars polyembryonnés.

Un des embryons provient de la fécondation de l'ovule par un grain de pollen, c'est l'embryon sexué ; alors que les autres, au contraire, sont formés par division mitotique du tissu du nucelle de la graine, c'est-à-dire du tissu maternel ce sont les embryons nucellaires. Les plants d'agrumes obtenus par semis, qu'ils aient une origine sexuée ou nucellaire, présentent quelques caractères juvéniles qui permettent de les reconnaître aisément. Il en est ainsi par exemple du caractère épineux des plants.

Mis à part ces signes distinctifs, les plants nucellaires donnent en principe des arbres identiques à ceux qui ont produit les graines. Il peut cependant apparaître quelques caractères particuliers par mutation somatique, de sorte que

ces plants nucellaires doivent faire l'objet d'une sélection qui permet d'éliminer les hybrides et les mutants indésirables.

Une graine d'un cultivar polyembryonné peut donner à la fois un plant d'origine sexuée et des plants d'origine nucellaire. Souvent ces différents plants sont difficilement reconnaissables, bien que la plupart du temps ceux d'origine nucellaire aient une plus grande vigueur que les autres et qu'ils soient beaucoup plus homogènes.

La pollinisation artificielle des fleurs à l'aide de pollen de *Poncirus trifoliata* permet de reconnaître les plants d'origine sexuée, le caractère trifoliolé de la feuille étant toujours dominant.

Certains cultivars, comme le clémentinier, les mandariniers 'Temple' et 'Wilking', le bergamotier, le pamplemoussier, le cédratier, etc. donnent des graines mono-embryonnées dont l'embryon est toujours d'origine sexuée. Par semis, il n'est donc pas possible avec ces cultivars de reproduire fidèlement la variété mère (FROST et SOOST, 1968). Cependant, on arrive maintenant à obtenir des plants de semis identiques à la plante qui fournit les graines, en prélevant celles-ci bien avant leur maturité et en cultivant leurs tissus sur un milieu gélosé (RANGAN et al., 1969).

Dénomination des principales maladies à virus et à mycoplasmes.

Dans le texte ci-après nous utiliserons les noms français donnés aux diverses maladies. Nous ferons cependant deux exceptions pour le «Concave Gum» et le «Blind Pocket». Nous avons en effet préféré employer ces dénominations anglo-saxonnes plutôt que les appellations françaises de «Psorose alvéolaire» et de «Psorose en poche» principalement pour les raisons suivantes :

- de nombreux chercheurs considèrent que les virus qui provoquent ces affections ne sont pas liés au virus de la Psorose écailleuse,
- les termes français risquaient de faire confusion avec celui de la Psorose écailleuse.

Les principales maladies citées dans le texte sont les suivantes :

- **Maladies à virus** : Blind Pocket, Cachexie-Xyloporose, Concave Gum, Cristacortis, Enation des nervures, Exocortis, Frisolée, Leaf Curl, Panachure infectieuse, Psorose écailleuse et Tristeza.
- **Maladies à mycoplasmes** : Greening et Stubborn.

Chapitre I INTRODUCTION

Généralités.

Jusqu'à présent seuls quelques virus des agrumes ont pu être purifiés et observés au microscope électronique, puis retransmis mécaniquement à d'autres agrumes ou à des

plantes herbacées. C'est le cas du virus de la Panachure infectieuse (GRANT et CORBETT, 1960) et de celui de la Frisolée (DAUTHY et BOVÉ, 1964).

D'autres agents infectieux ont été isolés et observés au microscope électronique, mais on n'a pas encore été capable de les retransmettre à des agrumes, de sorte qu'il n'a pas été possible de vérifier les postulats de Koch. Il y a cependant de fortes probabilités pour que les virus ou les micro-organismes isolés soient les agents causaux des maladies qu'on leur attribue, puisqu'ils ont été observés uniquement dans des plantes présentant les symptômes des dites maladies. Il en est ainsi pour la Tristeza (KITAJIMA et al., 1963), le Stubborn (IGWEGBE et CALAVAN, 1970, LAFLECHE et BOVÉ, 1970 b), le Greening (LAFLECHE et BOVÉ, 1970 a) et l'Exocortis (DIENER, 1973, travaux non publiés pour l'instant).

Enfin les agents pathogènes responsables des autres maladies à virus, ou considérés comme telles actuellement, n'ont jamais été isolés ou observés au microscope électronique. C'est notamment le cas pour la Psorose écailleuse, le Concave Gum-Blind Pocket, la Cachexie-Xyloporose, le Cristacortis, etc. Pour ces maladies, on ne peut donc baser le diagnostic que sur les manifestations provoquées par ces agents pathogènes, c'est-à-dire sur la **symptomatologie**.

La sensibilité aux maladies à virus et à mycoplasmes des principaux cultivars est la plupart du temps connue, et si l'un d'entre eux manifeste des symptômes donnés, automatiquement ces symptômes sont attribués à tel ou tel agent pathogène.

Le seul examen visuel des manifestations sur la plante prête pourtant souvent à confusion ; principalement lorsque la sensibilité du cultivar est mal connue, lorsque les symptômes ne sont pas spécifiques, ou lorsqu'on se trouve en présence d'une nouvelle manifestation pathologique.

Ainsi en 1952, REICHERT signalait qu'il avait trouvé des symptômes d'une maladie à virus, la Xyloporose, décrite depuis 1934 en Palestine, sur de nombreuses variétés d'agrumes cultivées dans le Bassin méditerranéen et en particulier sur des orangers et des bigaradiers (REICHERT, 1952). Le fait d'incriminer la Xyloporose venait de ce que les arbres des cultivars observés manifestaient des symptômes de «Stem pitting», c'est-à-dire qu'ils présentaient sur la face interne de l'écorce des prolongements qui pénétraient plus ou moins profondément dans le bois sous-jacent.

Il était logique de penser, à cette époque, que les symptômes étaient dus à la Xyloporose, puisque les manifestations spécifiques de cette maladie, sur les cultivars sensibles, se présentaient justement sous forme de «Stem pitting». Ce n'est que plus tard que l'on fit des distinctions entre les différentes sortes de «Stem pitting», et que l'on eut une meilleure connaissance de la sensibilité des cultivars aux diverses maladies.

On sait aujourd'hui que le diagnostic de REICHERT était erroné, puisqu'aussi bien le bigaradier que l'oranger sont des espèces tolérantes à la Cachexie-Xyloporose. Nous supposons que les symptômes observés par cet auteur avaient été induits par le Cristacortis.

Travaux réalisés en Corse.

Dès la création de la Station de Recherches agrumicoles de San Giuliano (Corse), en 1958, un programme d'amélioration sanitaire des cultivars d'agrumes a été envisagé et j'en ai eu la responsabilité depuis 1959. Ce projet avait pour but de sélectionner parmi les principaux cultivars, des lignées indemnes de maladies à virus et à mycoplasmes (VOGEL et BOVÉ, 1967 a).

Aucune recherche n'ayant été effectuée précédemment en Corse sur les agrumes, ce programme de sélection nécessitait la mise en route de trois types d'études :

L'indexation.

Elle devait porter à la fois sur des arbres cultivés depuis fort longtemps en Corse et sur ceux introduits plus récemment d'Afrique du nord. Pour cela, il était indispensable de procéder en premier lieu à une prospection générale des vergers et au repérage des arbres qui paraissaient dignes d'être indexés.

Cette prospection permit d'observer de nombreuses manifestations anormales. Certaines d'entre elles étaient spécifiques de maladies à virus (ou à mycoplasmes, comme on le sait depuis 1970 seulement) (VOGEL, 1961 a et b, VOGEL et BOVÉ, 1962) alors que d'autres avaient une origine inconnue et devaient faire l'objet de travaux de recherches (VOGEL et BOVÉ, 1963 a).

L'indexation n'a pu débiter qu'après l'introduction des plantes indicatrices et l'adaptation en Corse des techniques employées dans les autres pays agrumicoles.

L'obtention de plants d'origine nucellaire.

Des graines des principales variétés commerciales polyembryonnées ont été introduites de l'étranger depuis 1959 et ont été semées à la Station, de façon à obtenir des plants d'origine nucellaire indemnes de maladies à virus et à mycoplasmes.

L'étude des diverses maladies à virus et à mycoplasmes.

Sous les conditions écologiques de l'île, il convenait en particulier de rechercher les causes des manifestations anormales que nous avons notées au cours de la prospection des vergers.

Pour cela, nous avons utilisé toutes les méthodes horticoles de transmission des maladies de type viral, et nous avons procédé à de nombreux essais. Actuellement 81 essais de virologie qui groupent plus de 4.260 plants sont en place à la Station de San Giuliano.

Ce sont les études entreprises à partir des arbres du verger Corse, qui nous ont permis de découvrir le Cristacortis et d'avoir une idée sur certaines caractéristiques de cette maladie.

Historique du Cristacortis.

Observations sur orangers 'Tarocco'.

La prospection des vergers de l'île avait révélé que de très nombreux arbres âgés manifestaient des symptômes de Concave Gum (photo 22) et de Blind Pocket (photo 23). Il s'agissait principalement des orangers 'Washington Navel' et des mandariniers 'Commun'.

En 1963, nous avons observé pour la première fois des invaginations anormales sur des orangers 'Tarocco' greffés sur bigaradier, cultivés à la fois à la Station et dans certains vergers privés.

Ces symptômes externes ressemblaient à ceux que nous avons notés sur les orangers 'Washington Navel' atteints par le Concave Gum - Blind Pocket. Cependant, notre attention fut attirée par le fait que, sur oranger 'Tarocco', les symptômes étaient visibles à la fois sur la partie oranger et sur le bigaradier porte-greffe. Or, dans le cas du Concave-Gum - Blind Pocket, le bigaradier ne manifestait rien (VOGEL et BOVÉ, 1964).

Des prélèvements d'écorce au niveau des symptômes externes ont rapidement permis de différencier les manifestations de Cristacortis d'une part, et celles du Concave-Gum - Blind Pocket d'autre part. Dans le premier cas nous notions la présence de «Stem pitting», alors que dans le second l'épaisseur de l'écorce restait constante (VOGEL et BOVÉ, 1966).

C'est la présence de ce «Stem pitting», c'est-à-dire l'apparition de crêtes sur la face interne de l'écorce et leur pénétration dans le bois sous-jacent, qui a permis de donner le nom de «Cristacortis» à cette manifestation. Le nom Cristacortis provient du latin cortex = écorce et crista = crêtes.

Indexation des orangers 'Tarocco'.

Dans le cadre du programme de sélection sanitaire, nous avons procédé, en août 1961, à l'indexation d'orangers 'Tarocco' cultivés à la Station. Il s'agissait de déterminer les arbres qui étaient indemnes de Psorose, de Cachexie-Xyloporose et d'Exocortis.

Pour cela, des orangers 'Hamlin', des limettes 'Douce de Palestine', des tangelos 'Orlando' et des *Poncirus trifoliata* avaient été inoculés. Ces cultivars servaient respectivement, à cette époque, de plantes indicatrices pour la détection de la Psorose, de la Xyloporose, de la Cachexie et de l'Exocortis.

En juin 1962, les plants d'orangers 'Hamlin' ont manifesté des symptômes foliaires de Psorose.

En avril 1974, certains plants de tangelos 'Orlando' présentaient des symptômes accusés de Cristacortis semblables à ceux que nous avons observés sur les orangers 'Tarocco'. Certains de ces tangelos manifestaient des symptômes, non seulement sur leur tronc, mais également sur leurs branches et sur leurs rameaux.

Ainsi la preuve était faite que cette manifestation de «Stem pitting» était transmissible par greffage d'inocula-

tion. C'est pourquoi, dès 1964, VOGEL et BOVÉ indiquaient que le Cristacortis, alors dénommé «Stem pitting» du bigaradier et de l'oranger 'Tarocco', «était une maladie à virus» (VOGEL et BOVÉ, 1964).

La maladie était supposée être causée par un virus, ou un agent pathogène semblable à un virus, pour les raisons suivantes :

- elle était facilement transmise par greffage d'inoculation,
- l'agent pathogène était rapidement transmis et devenait systémique dans tout le plant inoculé,
- aucun champignon ni bactérie n'avaient été trouvés associés à cette maladie.

C'est pourquoi dans le texte qui suit, l'agent pathogène qui est responsable des manifestations de Cristacortis sera considéré comme un virus, au même titre que celui de la Psorose ou de la Cachexie-Xyloporose par exemple est appelé «virus», bien qu'aucun d'entre eux n'ait encore été isolé.

Parmi les plantes indicatrices inoculées en août 1961, les orangers 'Hamlin' et certaines limettes 'Douce de Palestine' manifestèrent des symptômes de Cristacortis en 1966. Quant aux *Poncirus trifoliata*, ils présentèrent rapidement un écaillage de l'écorce de la base de leur tronc, symptôme typique d'Exocortis sur cette espèce (photo 5).

L'indexation de ces orangers 'Tarocco' montrait ainsi que les arbres renfermaient à la fois :

- un agent pathogène qui provoquait du «Stem pitting» : le Cristacortis,
- une forme de Psorose qui induisait des symptômes foliaires de la maladie sur les orangers 'Hamlin',
- l'Exocortis qui provoquait la desquamation de l'écorce du *P. trifoliata*.

La présence de ces trois maladies dans un même plant ne nous permettait pas de savoir si les manifestations de Cristacortis étaient induites par un virus nouveau, par une souche nouvelle d'un virus connu, ou par un complexe de virus.

Depuis 1964, de nombreuses expériences ont été entreprises pour déterminer les principales caractéristiques de cette maladie, et pour vérifier s'il s'agissait d'une nouvelle affection des agrumes.

Dans le chapitre II, matériel et méthodes, nous allons décrire successivement :

- les différentes techniques d'indexation utilisées pour mettre en évidence les diverses maladies à virus et à mycoplasmes rencontrées fréquemment sur les arbres des pays du Bassin méditerranéen,
- la nature des plants employés dans les expériences menées à la Station,
- les souches de virus qui ont été utilisées dans les expériences faites en Corse.

Chapitre II MATÉRIEL ET MÉTHODES

L'indexation sur plantes indicatrices.

Généralités.

Les arbres d'une plantation commerciale peuvent renfermer plusieurs virus ou mycoplasmes sans présenter de symptômes apparents (associations tolérantes). Ainsi un oranger greffé sur bigaradier, contaminé par l'Exocortis et la Cachexie-Xyloporose ne manifeste rien, si ce n'est parfois un léger nanisme difficilement détectable en plein champ. Un oeil prélevé sur cet oranger et greffé sur *Poncirus trifoliata* transmet ces deux maladies et l'Exocortis provoque alors la desquamation de l'écorce du porte-greffe, le nanisme de l'arbre et parfois sa mort.

L'indexation est la technique qui consiste à détecter, parmi une population d'arbres tolérants, ceux qui sont réellement exempts des maladies à virus et à mycoplasmes connues. Pour cela, on fait appel à des plantes très sensibles à ces agents infectieux : ce sont les **plantes indicatrices**. Actuellement, on peut considérer que toutes les plantes indicatrices utilisées en agrumiculture appartiennent au genre *Citrus*, bien que certaines plantes herbacées puissent être également employées dans certains cas (Exocortis par exemple).

Les plantes indicatrices sont inoculées à l'aide de tissus végétaux prélevés sur l'arbre candidat à l'indexation. L'indexation de toutes les maladies à virus et à mycoplasmes connues nécessite l'utilisation d'une dizaine de plantes indicatrices différentes, chacune d'elles étant spécifique pour une seule ou un très petit nombre de maladies. Elles sont donc choisies pour leur grande sensibilité à un virus donné, mais elles doivent également manifester des symptômes très caractéristiques de la maladie et les présenter le plus rapidement possible.

En 1963, lorsque certains orangers 'Tarocco' ont commencé à manifester des symptômes inconnus jusque là : ceux du Cristacortis, l'agent pathogène qui provoquait ces symptômes n'était évidemment pas connu. C'est pourquoi nous avons à la fois procédé à des essais de transmission, afin de vérifier si cet agent pathogène était bien transmissible par greffage d'inoculation, et à l'indexation des arbres qui manifestaient des symptômes, pour essayer de déterminer la nature de cet agent causal.

Dans les expériences qui ont été entreprises sur le Cristacortis, il nous a été également nécessaire d'avoir recours à plusieurs reprises à l'indexation. En effet dans certaines d'entre elles, nous avons inoculé des plantes tolérantes aux virus qui furent utilisés, et seule l'indexation de ces plantes nous permit de vérifier leur contamination par ces virus.

Les techniques d'indexation qui ont été employées sont celles qui sont couramment utilisées dans les pays agrumicoles pour l'obtention de plants indemnes de maladies à virus et à mycoplasmes, et que nous avons adaptées aux conditions écologiques de la Corse (VOGEL, 1966a et b, VOGEL et BOVÉ, 1969 a).

Ces dernières années, d'autres techniques d'identification que l'indexation sur plantes indicatrices ont été utilisées pour détecter certains agents causaux ; il s'agit principalement de la microscopie électronique et de la culture *in vitro* des micro-organismes de type mycoplasmes. Pour l'instant elles confirment surtout les résultats obtenus par l'indexation, mais il est à prévoir que dans les années à venir, elles pourront se substituer à elle dans certains cas (VOGEL, 1972).

Les plantes indicatrices utilisées.

Les techniques d'indexation des agrumes ont considérablement évolué au cours des dix dernières années, grâce en particulier à la découverte de plantes indicatrices de plus en plus sensibles. L'amélioration des connaissances sur les diverses maladies a permis également de placer les plantes indicatrices sous des conditions écologiques plus favorables à l'expression des symptômes. C'est ainsi qu'il y a seulement dix ans, toutes les plantes indicatrices étaient plantées côte à côte en plein champ. On sait maintenant que certaines conditions particulières, principalement celles concernant la température, favorisent l'apparition des manifestations virologiques et mycoplasmiques. C'est pourquoi, suivant la maladie à détecter, les plantes indicatrices sont placées, soit sous serre chauffée, soit à température ambiante.

À la Station de Corse, nous employons les cultivars qui sont considérés actuellement comme les plus sensibles aux maladies à virus et à mycoplasmes connues :

- le limettier [*Citrus aurantifolia* (CHR.) SWINGLE] de semis, et plus particulièrement la lime 'Mexicaine' pour la Tristeza
- l'oranger 'Hamlin' [*Citrus sinensis* (L.) OSB.] de semis, pour tous les virus du groupe de la Psorose (Psorose écailleuse, Concave Gum, Blind Pocket, Frisolée et Panachure infectieuse).
- le cédratier (*Citrus medica* L.) et plus précisément les clones 'Etrog 60-13' et 'Arizona 861' pour l'Exocortis
- le tangelo 'Orlando' (pomelo 'Duncan' x mandarinier 'Dancy') de semis, pour la Cachexie-Xyloporose.
- l'oranger 'Madam Vinous' [*C. sinensis* (L.) OSB] de semis, pour le Stubborn.
- le pomelo 'Marsh seedless' (*C. paradisi* MACF.) pour l'Impietratura.

Au cours de nos expériences sur le Cristacortis, nous avons trouvé que c'était le tangelo 'Orlando' qui était le plus sensible à cette maladie, c'est pourquoi nous l'utilisons maintenant comme plante indicatrice pour ce virus.

FAMILLE DES RUTACEAE

(Classification d'après J.B. CARPENTER et P.C. REECE)

Sous-famille des Aurantiaceae

Tribu des Citreae

Sous-tribu des Citrinae

Genres

<i>Poncirus</i>	<i>P. trifoliata</i> (L.). RAF.
<i>Fortunella</i>	Kumquat
<i>Citrus</i>	
<i>C. medica</i> L.	cédratier
<i>C. limon</i> (L.) BURM.	citronnier
<i>C. aurantifolia</i> (CHR.) SWING.	limettier vrai
<i>C. latifolia</i> TAN.	limettier à gros fruits
<i>C. limonia</i> OSB.	lime mandarine
<i>C. limetta</i> RISSO	limette
<i>C. limettioides</i> TAN.	limettier doux
<i>C. aurantium</i> L.	bigaradier
<i>C. myrtifolia</i> RAF.	chinois
<i>C. bergamia</i> RISSO er POIT.	bergamotier
<i>C. sinensis</i> (L.) Osb.	oranger
<i>C. unshiu</i> (MAK.) MARC	mandarinier Satsuma
<i>C. nobilis</i> LOUR.	mandarinier à gros fruits
<i>C. deliciosa</i> TEN.	mandarinier commun
<i>C. reticulata</i> BLANCO	mandarinier autres dont clémentinier
<i>C. grandis</i> (L.) OSB.	pamplemoussier
<i>C. paradisi</i> MACF.	pomelo

Les méthodes d'indexation.

● Indexation de la Tristeza.

Généralités.

La Tristeza est avant tout une maladie d'association qui entraîne la mort de pratiquement tous les cultivars greffés sur bigaradier, exception faite du citronnier [*C. limon* (L.) BURM.] et peut-être du bergamotier (*C. bergamia* RISSO et POIT.). Elle provoque également des manifestations sur des espèces sensibles, qu'elles soient greffées ou non. C'est le cas en particulier du limettier vrai [*C. aurantifolia* (CHR.) SWING.], du pomelo (*C. paradisi* MACF.), etc. Sur ces espèces, la Tristeza induit des symptômes de «Stem pitting» dans le bois. La ressemblance des manifestations corticales de Cristacortis et de Tristeza nous a obligé à rechercher si certaines d'entre elles n'étaient pas dues à cette dernière maladie.

Méthode.

Des plants de lime 'Mexicaine' de semis sont inoculés à l'aide de morceaux d'écorce prélevés sur les arbres candidats. Trois plants de lime reçoivent deux inoculums chacun. Les plants inoculés sont fortement rabattus pour permettre l'émission de nouvelles pousses feuillées sur lesquelles les

symptômes de Tristeza pourront être décelés quelques mois après l'inoculation.

Cette relative rapidité d'apparition des symptômes permet l'utilisation de plantes cultivées en pots.

La Tristeza étant facilement propagée d'un plant à l'autre par plusieurs espèces de pucerons vecteurs, il convient d'effectuer l'indexation de cette maladie à l'abri des insectes.

Le virus qui paraît être responsable de la maladie a été observé au microscope électronique (KITAJIMA et col., 1963). Des recherches effectuées en Israël ont prouvé que l'observation de ce virus était plus rapide que l'indexation sur plantes indicatrices, mais que cette technique ne permettait pas la détection du virus dans l'oranger 'Valencia late' par exemple (BAR JOSEPH et col., 1972). Elle ne semble donc pas pouvoir se substituer encore à la méthode classique d'indexation sur plantes indicatrices décrite ci-dessus.

Symptômes recherchés.

Eclaircissement en tirets des nervures secondaires ou tertiaires des jeunes feuilles («Vein Clearing») (photo 1). Ce symptôme peut apparaître trois semaines après l'inoculation.

Présence de crêtes sur la face interne de l'écorce qui pénètrent dans le bois sous-jacent («Stem pitting») (photo 2). Cette manifestation demande en Corse de six à quatorze mois pour commencer à apparaître.

Les plantes indicatrices qui présentent les symptômes décrits ci-dessus, manifestent en plus un nanisme plus ou moins accusé, et les nervures des feuilles adultes s'épaississent et se subérifient. En présence d'une souche virulente les plants inoculés dépérissent.

● Indexation de la Psorose.

Généralités.

Sous le nom de Psorose, ont été regroupées un certain nombre de manifestations corticales ou foliaires très différentes entre elles, qui n'avaient comme point commun que l'apparition de symptômes foliaires dits «de Psorose» (photo 3) (FAWCETT et KLOTZ, 1938, FAWCETT et BITANCOURT, 1943, WALLACE, 1968). Actuellement ces différentes manifestations connues sous les noms de Psorose écaillée, Concave Gum, Blind Pocket, Frisolée, Panachure infectieuse, etc., sont considérées comme causées par divers virus souvent non apparentés.

Les symptômes foliaires dits «de Psorose» n'apparaissent que sur les plantes contaminées et jamais sur des arbres témoins sains. Il suffit, lors de l'indexation, de les obtenir pour savoir que les arbres candidats étaient contaminés par l'une des maladies citées ci-dessus. Ce n'est que si l'on désire connaître la nature exacte de la maladie qu'on attend l'apparition des symptômes corticaux.

Les manifestations corticales de Cristacortis semblent également liées aux mêmes symptômes foliaires «de Psorose». Ces symptômes foliaires apparaissent facilement sur de nombreux cultivars sensibles à cette manifestation. Au contraire, certains autres ne permettent pas ou très difficile-



Photo 1. Symptômes foliaires de Tristeza (Vein clearing). Décoloration partielle des nervures secondaires et tertiaires.

Photo 2. Symptômes de Tristeza sur oranger greffé sur lime 'Mexicaine'. Seule, cette dernière est sensible à la maladie et présente des symptômes de «Stem pitting».

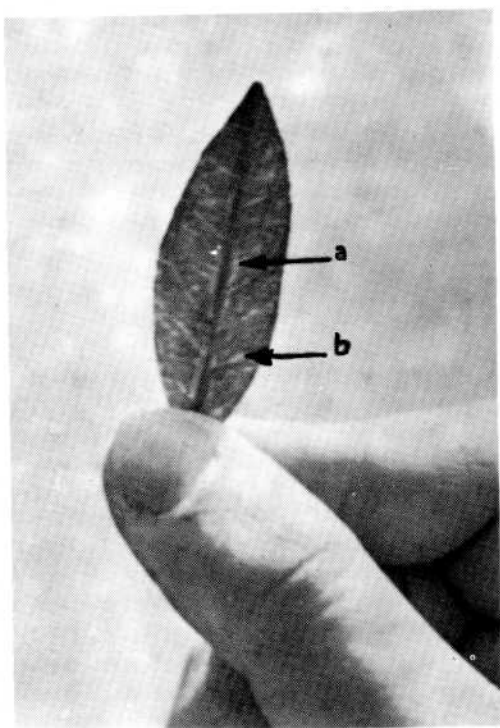
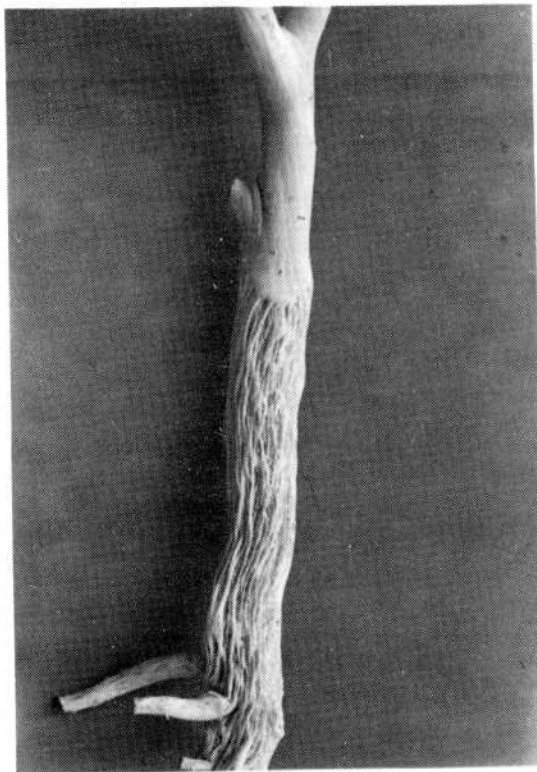


Photo 3. Symptômes foliaires de Psorose.
a) symptômes en «feuille de chêne»
b) symptômes en tirets.

Photo 4. Technique d'indexation de la Psorose : deux écussons d'écorce de l'arbre candidat sont greffés sur un jeune plant d'oranger 'Hamlin'.



ment leur expression, aussi dans ce cas, sommes-nous obligés de procéder à leur indexation pour vérifier la présence du virus dans la plante.

L'indexation des maladies du groupe de la Psorose est également utilisée pour les arbres qui, pour des raisons mal connues, tardent, en plein champ, à manifester des symptômes foliaires caractéristiques.

Les agents causaux de la Psorose écailleuse, du Concave Gum et du Blind Pocket, n'ont pas encore pu être observés au microscope électronique. Par contre, ceux de la Frisolée et de la Panachure infectieuse ont été isolés et retransmis mécaniquement à des agrumes.

Méthode.

Deux plants d'oranger 'Hamlin' de semis sont inoculés chacun à l'aide de deux inoculums d'écorce de la plante à tertes (photo 4).

Les plantes indicatrices doivent être tenues à une température comprise entre 18 et 25°C pour présenter des symptômes foliaires caractéristiques. Dans ces conditions, ils peuvent se manifester trois semaines à un mois après l'inoculation. A plus haute température, les symptômes foliaires apparaissent difficilement. La relative rapidité d'apparition des symptômes permet l'utilisation de plantes indicatrices cultivées en pots.

Ces symptômes foliaires sont parfois très fugaces et ne sont visibles que seulement pendant quelques jours, aussi est-il nécessaire de contrôler les plantes indicatrices au moins deux fois par semaine pour être sûr que ces symptômes ne passent pas inaperçus.

Certaines formes de Psorose peuvent se propager par la graine, aussi est-il indispensable d'employer des plantes indicatrices qui proviennent d'arbres «porte-graines» indemnes de la maladie. L'utilisation de plants témoins non inoculés permet également le dépistage des contaminations accidentelles transmises par la graine.

Symptômes recherchés.

Éclaircissement «en tirets» des portions du limbe de la feuille comprises entre les nervures secondaires, ou éclaircissement en forme de «feuilles de chêne» (photo 3). Ces symptômes peuvent apparaître trois semaines à un mois après l'inoculation des plantes indicatrices.

● Indexation de la Cachexie-Xyloporose.

Généralités.

La Cachexie a été décrite sur tangelo 'Orlando' (pomelo 'Duncan' x mandarinier 'Dancy') en Floride (CHILDS 1950), alors que la Xyloporose l'a été sur limette 'Douce de Palestine' (*C. limettioides* TAN.) en Palestine (REICHERT et PERLBERGER, 1934). On considère actuellement que ces deux maladies sont causées par le même agent infectieux. Ce dernier n'a pas encore été observé au microscope électronique.

Les principales espèces sensibles à la Cachexie-Xyloporose sont la limette 'Douce', certains tangelos, la lime

'Rangpur' (*C. reticulata* var. *austera* hybride), les mandarinières (*C. deliciosa* TEN., *C. reticulata* BLANCO, *C. nobilis* LOUR.). Par contre l'oranger [*C. sinensis* (L.) OSB.], le pomelo (*C. paradisi* MACF.), le citronnier [*C. limon* (L.) BURM], le bigaradier (*C. aurantium* L.), etc., sont tolérants.

La Cachexie-Xyloporose provoque, comme le Cristacortis, des symptômes de «Stem pitting» sur les variétés sensibles à la maladie. Certains auteurs ont considéré que le Cristacortis pouvait être une souche de la Cachexie-Xyloporose. L'indexation sur tangelo 'Orlando' est l'une des méthodes simples que l'on peut utiliser pour faire une distinction entre ces deux maladies, leurs symptômes n'étant pas semblables, comme nous le verrons par la suite.

Méthode.

Trois plants de tangelo 'Orlando' de semis sont inoculés à l'aide de deux morceaux d'écorce de l'arbre candidat. Dans les conditions de milieu de la Corse, les premiers symptômes de la Cachexie-Xyloporose n'apparaissent que quatre à cinq ans après inoculation, c'est pourquoi il est alors obligatoire d'entreprendre cette indexation sur des plants cultivés en plein champ.

Cette indexation en plein champ est rendue possible du fait que la Cachexie-Xyloporose ne semble transmise ni par la graine (CHILDS et col., 1965, OLSON, 1965), ni par insectes vecteurs (NORMAN et CHILDS, 1963).

Un nouveau test utilisant le mandarinier 'Parsons Special' vient d'être décrit en Californie. Il permettrait l'indexation de la maladie en douze mois. Ce test sera prochainement mis à l'épreuve en Corse.

Symptômes recherchés.

Présence de «Stem pitting» sur la face externe du bois correspondant à des prolongements de l'écorce interne (photo 20).

Présence de gomme dans l'épaisseur de l'écorce et autour des prolongements de l'écorce interne.

En plus de ces symptômes typiques, la Cachexie-Xyloporose provoque un certain nanisme des tangelos 'Orlando', un jaunissement et la chute de leurs feuilles. En présence de souches sévères de la maladie, on note l'apparition de nécroses externes de l'écorce à la base des troncs et un dépérissement des arbres.

● Indexation de l'Exocortis.

Généralités.

Dans les plantations commerciales, les symptômes d'Exocortis ne sont rencontrés que sur un petit nombre de cultivars comme par exemple le *Poncirus trifoliata* (photo 5). certains citranges [*C. sinensis* (L.) OSB.] x [*P. trifoliata* (L.) RAF.], la lime 'Rangpur' (*C. reticulata* var. *austera* hybride), la limette 'Douce' (*C. limettioides* TAN.), le cédratier (*C. medica* L.), etc. (VOGEL et BOVE, 1971). Par contre l'oranger [*C. sinensis* (L.) OSB], le pomelo (*C. paradisi* MACF.), le mandarinier (*C. reticulata* BLANCO, *C. deliciosa* TAN., *C. nobilis* LOUR.) etc., sont tolérants et doivent

donc être indexés pour l'Exocortis si l'on désire connaître leur degré de contamination par la maladie.

C'est ainsi que tous les orangers 'Tarocco' qui manifestaient des symptômes de Cristacortis ont été trouvés porteurs de l'Exocortis. Ce fait n'est pas surprenant puisqu'en Corse, l'Exocortis a été détecté dans de très nombreux cultivars (VOGEL, 1966 a, VOGEL et col., 1965, VOGEL et BOVÉ, 1971).

La transmission mécanique, à l'aide des outils de taille et de greffage (GARNSEY et JONES, 1967) ou par piqûres, a permis de contaminer plusieurs plantes herbacées (*Petunia*, *Gynura*) en plus des agrumes. Cette transmission mécanique serait facilitée du fait que l'agent responsable serait un viroïde, c'est-à-dire un ARN de faible poids moléculaire, non entouré d'une gaine protidique (SEMANICK et WEATHERS 1968 et 1972). Ce même viroïde serait responsable de la maladie du tubercule fusiforme de la pomme de terre (Potato Spindle Tuber) (SINGH et col., 1972). Enfin, d'après des travaux en cours de DIENER, non encore publiés, le viroïde aurait été observé au microscope électronique. Il aurait la structure d'un ARN de transfert.

Méthode.

Au cours des dix dernières années trois plantes indicatrices ont été proposées pour l'indexation de l'Exocortis : le *Poncirus trifoliata*, la lime 'Rangpur' (MOREIRA, 1961) et enfin certaines sélections de cédratier (CALAVAN et col., 1964).

Pour vérifier l'état sanitaire des plants porteurs de symptômes de Cristacortis, nous avons donc dû utiliser successivement ces trois plantes indicatrices. Actuellement tous les arbres candidats sont testés sur cédratiers 'Etrog 60-13' et 'Arizona 861', qui sont les plantes indicatrices les plus sensibles que nous connaissons à l'heure actuelle.

Contrairement aux autres plantes indicatrices, le cédratier ne peut pas être utilisé sous la forme d'un plant de semis. En effet, le cédratier est une espèce mono-embryonnée qui ne se reproduit pas fidèlement par semis. De plus, les jeunes plants obtenus par graine montrent une sensibilité très variable à l'Exocortis. C'est pourquoi les sélections américaines 'Etrog 60-13' et 'Arizona 861' retenues pour leur sensibilité à la maladie, doivent être greffées sur un porte-greffe vigoureux. En Corse, nous avons choisi le cédratier 'de Corse' de semis pour servir de porte-greffe.

Deux plantes indicatrices sont employées par arbre candidat. Au moment de l'inoculation, chaque plant de semis de cédratier 'de Corse' reçoit un oeil de cédratier 'Etrog 60-13' ou 'Arizona 861', puis deux inoculum d'écorce de l'arbre candidat. Ces deux morceaux d'écorce sont placés l'un au-dessus et l'autre au-dessous de l'oeil, sur la même ligne verticale et le plus près possible de celui-ci (photo 6).

L'expression des symptômes d'Exocortis est favorisée par une température voisine de 30°C, c'est pourquoi l'indexation est entreprise sous serre chauffée et sur des plantes cultivées en pots.

Il semble parfois que l'expression des symptômes d'Exo-

cortis soit favorisée par un excès d'azote ou d'acide phosphorique dans la solution nutritive qui est apportée aux plantes (WEATHERS et col., 1965).

L'Exocortis peut être transmis mécaniquement par les outils de taille et de greffage, aussi une désinfection des outils est donc nécessaire avant l'inoculation de chaque plante indicatrice.

Symptômes recherchés.

Epinastie des feuilles du cédratier provoquée par la présence de nécroses sur la face inférieure de la nervure centrale.

Jaunissement puis crevassement de l'écorce de la tige du cédratier.

Nanisme de la plante indicatrice porteuse d'Exocortis.

● Indexation de l'Impietratura.

Généralités.

L'Impietratura est une maladie à virus décrite tout d'abord en Sicile (RUGGIERI, 1955). Jusqu'à ces dernières années, elle n'avait été signalée que dans divers pays du Bassin méditerranéen, mais elle vient d'être trouvée également au Vénézuéla (RONDON et col., 1970).

Le symptôme le plus caractéristique de la maladie est la présence de gomme dans l'épaisseur de l'albedo du fruit (photos 7 et 8). Ces poches sont décelables au toucher car elles durcissent la peau du fruit, d'où le nom donné par RUGGIERI qui signifie «à consistance de pierre». Elle entraîne également la chute d'un grand nombre de fruits bien avant la période de récolte.

Bien qu'aucune ressemblance n'existe apparemment entre ces deux maladies, il nous importait cependant de vérifier que certains arbres qui constituent nos souches de Cristacortis ne fussent pas contaminés par l'Impietratura.

Méthode.

Des inoculum d'écorce de l'arbre candidat sont greffés à proximité des bouquets floraux de deux pomelos 'Marsh Seedless'. Les plantes indicatrices doivent donc être suffisamment âgées pour être capables de produire des fruits ; c'est sur ceux-ci que seront observés les symptômes de la maladie (RUGGIERI, 1961). Ces arbres sont donc obligatoirement cultivés en plein champ.

La carence en bore peut provoquer des symptômes semblables à ceux induits par l'Impietratura, aussi est-il nécessaire de s'assurer de la bonne alimentation des plantes indicatrices en cet élément.

Symptômes recherchés.

Taches en dépression ou en excroissance, dures au toucher, sur l'épiderme du fruit (photo 7).

Présence de poches de gomme dans l'épaisseur de l'albedo du fruit (photo 8).

De la gomme peut être visible autour des pépins et dans l'épaisseur de la columelle des fruits.



Photo 5. Symptômes d'Exocortis sur *Poncirus trifoliata* greffé sur oranger. La maladie provoque la desquamation de l'écorce du Poncirus.



Photo 6. Technique d'indexation de l'Exocortis : deux écussons d'écorce de l'arbre candidat sont greffés de part et d'autre de l'oeil de cédratier 'Etrog' et sur la même ligne verticale que celui-ci.

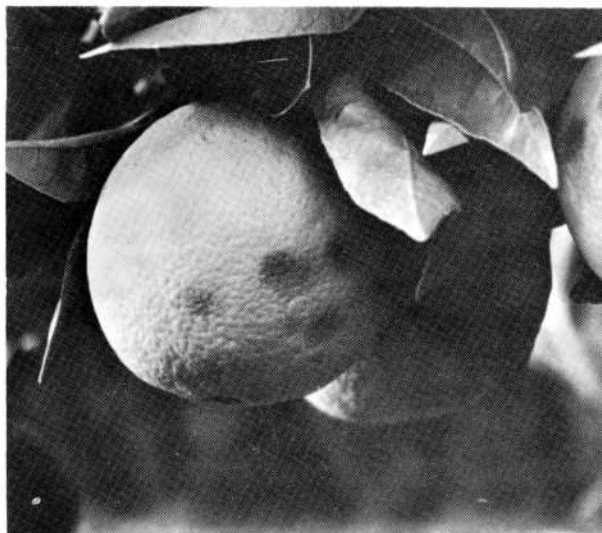


Photo 7. Symptômes externes d'Impietratura sur un fruit d'un pomelo inoculé avec la maladie. Présence de taches vertes, dures au toucher, sur l'épiderme du fruit.

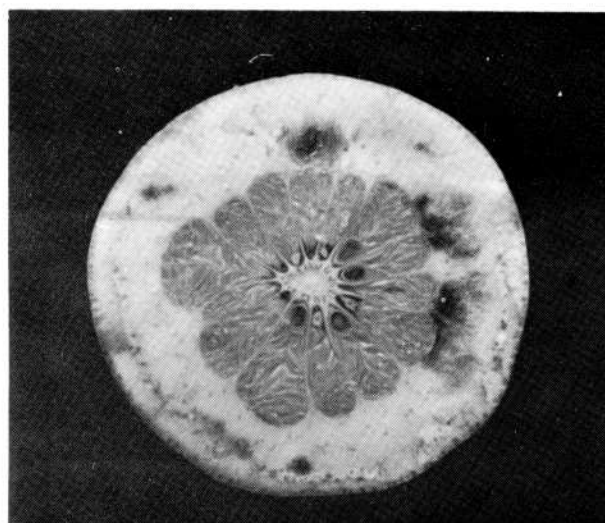


Photo 8. Symptômes d'Impietratura dans un fruit de pomelo. Des poches de gomme sont visibles dans l'albedo du fruit.

● Indexation du Stubborn.

Généralités.

La manifestation la plus typique du Stubborn est l'apparition de fruits en gland sur les arbres ; l'épaisseur de l'albedo étant plus mince sur la partie styloïde que sur la partie pédonculaire. Ce symptôme typique peut s'accompagner de nombreux autres tels que : diminution de la production, arbre à port tassé, aspect broussailleux, présence de bois mort, feuilles en cuiller à limbe épaissi et à nervure centrale jaunâtre, floraison à contre-saison, etc.

Jusqu'en 1970, le Stubborn a été considéré comme une maladie à virus. La découverte de micro-organismes de type mycoplasmes dans les tissus des semis d'agrumes inoculés avec le Stubborn (IGWEGBE et CALAVAN, 1970, LAFLECHE et BOVÉ, 1970 b) et avec le Greening, maladie ayant beaucoup de ressemblance avec le Stubborn (LAFLECHE et BOVÉ, 1970 a), fait considérer actuellement que ces maladies sont certainement causées par ces micro-organismes. Des essais sont en cours pour essayer de les transmettre à des agrumes et vérifier ainsi les postulats de Koch.

L'observation de ces micro-organismes au microscope électronique, leur culture *in vitro* (SAGLIO et col., 1971) et leur caractérisation biologique, biochimique et sérologique (BOVÉ et SAGLIO, 1971) ont été réalisées. Le micro-organisme est désormais appelé : *Spiroplasma citri*.

Les mycoplasmes sont concentrés principalement dans les jeunes tissus libériens. Cette découverte a modifié considérablement les méthodes d'indexation.

Actuellement toutes les souches de Cristacortis sont indexées pour le Stubborn de façon à déterminer l'influence de cette dernière maladie sur l'expression des symptômes de Cristacortis.

Méthode.

De très jeunes feuilles de moins d'un centimètre de longueur de l'arbre candidat sont glissées sous l'écorce de quatre plants de semis d'oranger 'Madam Vinous', à raison de deux feuilles par plante indicatrice.

L'écorce de la plante indicatrice est incisée en forme de U renversé, la languette ainsi formée est soulevée de façon à permettre l'introduction de la jeune feuille qui sert d'inoculum. Un ligaturage à l'aide de ruban plastique permet un contact étroit entre l'inoculum et la plante indicatrice.

Une température voisine de 32°C est nécessaire à une bonne expression des symptômes de la maladie (BOVÉ et col., 1972), c'est pourquoi cette indexation est effectuée sous serre chauffée et sur des plants cultivés en pots.

Des symptômes de Stubborn ont été trouvés sur des arbres d'origine nucellaire. On soupçonne de plus en plus la présence d'un vecteur animal dans la dissémination de la maladie, mais on ignore encore l'espèce responsable. Aussi semble-t-il préférable d'effectuer l'indexation à l'abri des insectes.

La microscopie électronique, l'isolement et la culture *in vitro* de *Spiroplasma citri*, sont des techniques qui sont

couramment utilisées en France pour vérifier les résultats obtenus par l'indexation.

Symptômes recherchés.

Marbrures des feuilles et apparition de décolorations sur le limbe. Ces symptômes peuvent apparaître deux à dix mois après l'inoculation (photo 9).

Réduction de la grandeur des feuilles avec présence d'un apex plus prononcé que sur les feuilles normales.

Nanisme des plantes indicatrices qui manifestent des symptômes par rapport aux plantes témoins.

Nature des plants employés dans les expériences.

Généralités.

Dans les expériences que nous avons effectuées sur le Cristacortis et qui seront décrites plus loin, nous mentionnerons, la plupart du temps, que les plants utilisés avaient été obtenus par semis.

Dans le cas des cultivars polyembryonnés, la plupart des plants obtenus par semis ont une origine nucellaire. Il suffit donc de faire un choix parmi les jeunes plants pour avoir un matériel végétal très homogène. Cela nécessite le semis d'un nombre assez important de graines et une grande sévérité lors du choix des plants.

Au contraire, dans le cas des cultivars monoembryonnés, tous les plants sont des variants ou des hybrides et sont donc différents de la plante mère. Dans nos expériences ces cultivars ont été utilisés, la plupart du temps, en greffant des yeux de plants reconnus pour appartenir à la variété recherchée. Ce n'est que très rarement que des semis de ces cultivars ont été employés. Ces derniers ont été néanmoins baptisés du nom de la variété qui a donné les graines, tout en sachant que ce nom était erroné.

Dans nos expériences, chaque fois que des yeux d'un cultivar devaient être greffés, nous avons prélevé le matériel végétal de greffage sur un seul plant de semis. Nous pensons avoir ainsi préparé un matériel végétal assez homogène pour considérer que, si des différences apparaissent par la suite entre les divers traitements, ces différences seront attribuables à ces traitements et non pas à l'hétérogénéité du matériel végétal utilisé.

Caractéristiques des plants de semis.

Chez les Citrus, tous les plants obtenus par semis, qu'ils soient d'origine sexuée ou d'origine nucellaire, sont, sauf à quelques exceptions près, indemnes de maladies à virus et à mycoplasmes.

Cette caractéristique des plants de semis permet donc la régénération des cultivars virosés, tout au moins celle des cultivars polyembryonnés.

On parle de jeunes lignées lorsque celles-ci ont été obtenues par semis dans un passé récent, en comparaison avec les vieilles lignées dont l'origine est plus éloignée ou plus incertaine. Les jeunes lignées sont en principe indemnes de virus et de mycoplasmes.



Photo 9. Symptômes de Stubborn sur oranger 'Madame Vinous' cultivé sous serre à une température de 32°C. Présence de petites feuilles et décoloration de celles-ci.



Photo 10. Symptômes externes de Cristacortis sur un tronc de bigaradier greffé sur oranger.

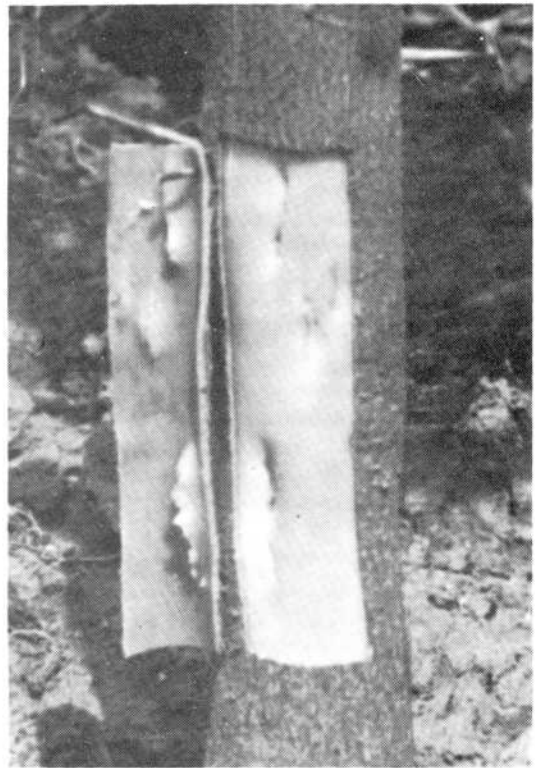


Photo 11. Symptômes de Cristacortis sur bigaradier après enlèvement de l'écorce du tronc. Présence de crêtes sur la face interne de l'écorce et trous dans le bois sous-jacent (Stem pitting).

Transmission de certaines maladies par la graine.

Dans nos expériences sur le Cristacortis, nous avons dû cependant tenir compte de la transmission éventuelle de certains virus par la graine.

On sait qu'un faible pourcentage de plants de semis peut être contaminé par la Frisolée ou la Psorose (BRIDGES et col., 1965, CHILDS et JOHNSON, 1966, PUJOL, 1966).

Ces maladies sont facilement détectables sur les feuilles des jeunes plants d'un certain nombre de cultivars, c'est pourquoi un examen minutieux des plantes est entrepris avant le début de chaque expérience.

L'utilisation d'un nombre suffisant de plants témoins, et le contrôle de leur état sanitaire pendant le déroulement de l'expérience, sont également nécessaires pour vérifier l'absence de transmission virale par la graine.

Afin d'éliminer tout risque de contamination, nous avons également pris la précaution chaque fois que cela était possible, de récolter nos graines uniquement sur des plants qui étaient indemnes des maladies à virus transmissibles par ce mode de propagation.

Transmissions accidentelles.

Dans les expériences effectuées sur le Cristacortis nous avons dû tenir compte des autres modes de transmission des maladies à virus et à mycoplasmes qui risquaient de contaminer les plants de semis.

● Transmission mécanique.

Comme nous l'avons déjà indiqué précédemment, l'Exocortis peut être transmis mécaniquement par les outils de taille et de greffage (GARNSEY et JONES, 1967). Aussi avant chaque intervention sur les arbres en expérience (greffage, taille, récolte, etc.) les outils ont-ils été désinfectés soit à la flamme, soit par trempage dans de l'eau de javel concentrée.

La transmission mécanique naturelle par frottement de feuilles les unes contre les autres n'a jamais été observée chez les agrumes. Quelques rares virus des Citrus sont bien transmissibles mécaniquement (Frisolée et Panachure infectieuse par exemple) mais, dans ce cas, il semble obligatoire d'employer de la poudre de carborundum pour blesser l'épiderme de la feuille, et d'utiliser un broyat de feuilles infectées (DAUTHY et BOVÉ, 1963, GRANT et CORBETT, 1961).

Certains chercheurs ont bien réussi à transmettre l'Exocortis par piqûres mais uniquement de plantes herbacées à plantes herbacées (WEATHERS et GREER, 1968), il ne semble donc pas que les piqûres provoquées par les épines d'agrumes puissent être une cause de propagation des virus des Citrus dans la nature.

La transmission par les engins de travail du sol n'a pas encore été mise en évidence pour les agrumes. Il est difficile d'envisager leur désinfection, la mise en place de plants témoins permet de contrôler les propagations éventuelles de ce genre.

Jusqu'ici aucune transmission accidentelle n'a pu être décelée sur les plants des expériences sur le Cristacortis.

● Transmission par les vecteurs animaux.

Actuellement on considère que seuls les virus de la Tristeza (MENEHINI, 1946) et de l'Enation des nervures (LAIRD et WEATHERS, 1962), ainsi que les mycoplasmes associés au Greening (CATLING, 1970, Mc CLEAN et OBERHOLZER, 1965, SCHWARZ, 1964), sont transmissibles par insectes vecteurs. Ces maladies n'étant pas encore présentes en Corse, ce mode de propagation est considéré comme sans influence sur les expériences effectuées sur le Cristacortis.

Il convient cependant de se rappeler que certains arbres de semis ont manifesté des symptômes de Stubborn et que des vecteurs animaux sont soupçonnés de propager la maladie dans certains pays, sans qu'il soit possible actuellement d'incriminer une espèce particulière.

Ce mode de transmission nous oblige donc à vérifier l'état sanitaire des plants utilisés dans les essais par indexation sur plantes indicatrices.

● Transmission par soudure de racines.

Ce mode de transmission paraît être de peu d'importance. Néanmoins, chaque fois que cela était possible, nous avons essayé d'en tenir compte en adoptant des dispositifs expérimentaux, dans lesquels les plants de chaque catégorie étaient séparés les uns des autres par des témoins, sur lesquels les contaminations auraient pu être décelées.

Les sources de virus utilisées.

Les souches de Cristacortis.

Dans les expériences que nous avons entreprises sur le Cristacortis, plusieurs sources d'inoculum ont été utilisées :

- l'oranger 'Tarocco' n° 8 de la parcelle C4 et l'oranger 'Tarocco' V. 31 de la parcelle B2 de la Station, ainsi que le tangelo 'Orlando' n°2 de la cage d'isolement qui est issu de l'oranger 'Tarocco' V. 31 de la parcelle B2. Ces trois arbres ont une origine identique (Maroc) et ils constituent notre première source d'inoculum. Ils renferment à la fois le Cristacortis, le Concave gum et l'Exocortis.

- le tangelo 'Orlando' S. 21 de la parcelle B8 de la Station. Cet arbre a été inoculé en 1961, à l'aide de deux écussons d'écorce d'un élémentier du village de San Nicolao (Corse), introduit dans l'île vers 1930. Cette souche a été trouvée indemne d'Exocortis, mais elle induit des symptômes foliaires de Psorose.

- les orangers 'Tarocco' CR. III - 2. Il s'agit de deux orangers de l'expérience CR. 3 qui sera décrite par la suite. Ces deux arbres sont indemnes d'Exocortis, mais ils présentent des symptômes foliaires de Psorose.

D'autres sources d'inoculum de Cristacortis ont également été utilisées dans nos expériences, mais beaucoup moins fréquemment que les précédentes. Elles seront décrites dans l'expérience où elles ont été employées.

Les souches des autres maladies.

Dans de nombreuses expériences effectuées à la Station, nous avons essayé de comparer, sur divers cultivars, les symptômes du Cristacortis et ceux des maladies qui pouvaient être confondues avec lui, en particulier la Cachexie-Xyloporose et le Concave Gum.

Afin d'être sûrs que les symptômes provoqués par ces virus soient vraiment typiques et qu'ils ne puissent être attribués qu'à ceux-ci, nous avons fait appel à des souches pures de ces virus. Ces souches avaient été introduites des États-Unis en 1961.

La non-contamination de ces souches par d'autres virus a été vérifiée à plusieurs reprises par l'indexation. Seule l'indexation du Stubborn est encore trop récente pour savoir si cette maladie affecte éventuellement quelques souches considérées jusqu'ici comme pures.

Dans le chapitre III, qui est consacré aux résultats, nous étudierons successivement :

- la mise en évidence de la maladie,
- la description des symptômes,
- la distribution géographique de la maladie,
- la sensibilité des cultivars,
- les différentes souches de Cristacortis,
- la transmission naturelle du virus,
- la distribution du virus dans la plante,
- les hôtes du Cristacortis autres que les Citrus,
- les propriétés de l'agent causal,
- la comparaison entre les symptômes de Cristacortis et ceux d'autres maladies à virus,
- les expériences de prémunition,
- la recherche d'une souche pure,
- les expériences d'associations de virus
- les essais de lutte contre le Cristacortis.

à suivre



PUBLICATIONS

DE L'INSTITUT FRANÇAIS DE RECHERCHES FRUITIÈRES OUTRE-MER (I.F.A.C.)

6, rue du Général-Clergerie, PARIS, 16^e.

- PÉREAU-LEROY (P.)... Le Palmier-Dattier, 1951 (épuisé).
 PÉREAU-LEROY (P.)... Étude du Pollen des Agrumes, 1951 (épuisé).
 Recuell collectif... La lutte contre le Charançon du Bananier, 1951 (épuisé).
 PATRON (A.)... Étude des effets de *Cercospora Musae* sur les bananes des Antilles, 1952 (épuisé).
 MAIGNIEN (R.)... Études pédologiques en Guinée, 1953 (épuisé).
 PY (Cl.)... Les hormones dans la culture de l'ananas, 1953 (épuisé).
 PATRON (A.)... Les phénomènes d'oxydation dans la production et la conservation des jus de fruits, 1953 (épuisé).
 PÉREAU-LEROY (P.)... Recherches sur la Fusariose du Palmier-Dattier, 1954 (épuisé).
 ALEXANDROWICZ (L.)... Étude du développement de l'inflorescence du bananier nain, 1955 (épuisé).
 MONNIER (G.)... Études pédologiques, station d'Azaguié (Côte d'Ivoire), 1955. 5 F.
 MAIGNIEN (R.)... Les sols de la station I. F. A. C. du Palmier-Dattier à Kankossa (Mauritanie), 1955 (épuisé).
 MUNIER (P.)... Le Palmier-Dattier en Mauritanie, 1955. 5 F.
 LEFÈVRE (F.)... Les sols de la station I. F. A. C. du Palmier-Dattier à Kankossa (Mauritanie) (épuisé).
 FAUGERAS (J.)... L'économie des Agrumes dans le Monde, 1944 (épuisé).
 ARIÈS (Ph.), CADILLAT (R.)... Le commerce de la Banane dans le Monde, 1944 (épuisé).
 ROUDIER (H.)... L'Industrie de la Banane séchée, 1944. 5 F.
 MASSIBOT (J.-A.)... La Conduite des Recherches sur les Cultures Fruitières Tropicales, 1947 (épuisé).
 LAVOLLAY (J.), PATRON (A.)... Les Jus de Fruits, 1948 (épuisé).
 CUILLE (J.)... Recherches sur le Charançon du Bananier, 1950 (épuisé).
 ROBERT (P.)... Les Agrumes dans le Monde et le Développement de leur Culture en Algérie, 1947 (épuisé).
 KLOTZ et FAWCETT... Maladies des citrus (manuel en couleurs), 1952 (épuisé).
 BLANC, CHAPOT, GUÉNOT... Agrumes et Fruits subtropicaux aux U. S. A., 1952. 15 F.
 CHAPOT (H.)... Les Agrumes au Liban, 1954. 5 F.
 PY (C.) et TISSEAU (M.-A.)... La culture de l'ananas en Guinée, 1957. 28,73 F
 Section des Antilles... Manuel du planteur de bananes antillais, 1957 (gratuit).
 PÉREAU-LEROY (P.)... Le Palmier-Dattier au Maroc, 1959. 20 F.
 Recuell collectif... Traitements à débit réduit, 1948-1958. 15 F.
 PY (C.)... La lutte contre les mauvaises herbes en plantation d'ananas, 1959 (épuisé).
 Recuell collectif... Les sols de bananeraies en Afrique, 1960. 10 F (épuisé).
 VILARDEBO (A.)... Les insectes nématodes des bananeraies d'Équateur, 1960. 15 F.
 CHAMPION (J.)... Les bananeraies en Équateur, 1959. 15 F (épuisé).
 COMELLI (A.)... Les cultures fruitières en Israël, 1960. 10 F.
 BOVÉ (J.-M.)... Quelques aspects anciens et modernes de la photosynthèse, 1961 (épuisé).
 MARTIN-PRÉVEL et coll. Potassium, Calcium et Magnésium dans la nutrition de l'ananas en Guinée, 1962 (épuisé).
 CHARPENTIER, GODEFROY. La culture bananière en Côte d'Ivoire, 1963. 20 F.
 BOVÉ (J.-M.) et VOGEL (R.) L'état sanitaire des agrumes en Corse, 1963. 10 F (épuisé).
 I. F. A. C.-I. O. C. V. Maladies à virus des agrumes (bibliographie), 1963. 50 F. Supplément, 1966. 25 F. 2^e suppl., 1969. 40 F.
 BRUN (J.)... La Cercosporiose du bananier en Guinée. Étude de la phase ascosporee du *Mycosphaerella musicola* Leach. 1963 (Thèse). 30 F.
 BRUN (J.)... Les principales maladies fongiques des bananeraies en Équateur, 1962. 20 F.
 Recuell collectif... Journées d'études sur la nutrition minérale des plantes fruitières tropicales et subtropicales, 1964. 30 F.
 BOVÉ (J.-M.) et VOGEL (R.) Agrumes et maladies à virus dans quelques pays d'Amérique latine, 1964. 15 F.
 GUENTHER (E.)... La production d'essence de citron dans le monde, 1964. 15 F.
 MAZLIAK (P.)... Les lipides de l'avocat (*Persea americana*, var. *Fuerte*), 1965. 10 F.
 PY (C.)... Étude des industries de l'ananas aux îles Hawaï, à Formose, aux Philippines et en Malaysia, 1965. 15 F.
 An... Colloque international sur l'évolution et la modernisation de la Documentation scientifique, 1965. 50 F.
 I. F. A. C. Thesaurus documentaire, 1966. 70 F.
 LAVILLE (E.)... Les maladies fongiques des bananes en entrepôt (30 diapositives), 1967. 44,75 F. (épuisé).
 MARTIN-PRÉVEL et coll. Les essais sol-plante sur bananiers, 1967. 30 F.
 CHAMPION (J.)... Les bananiers et leur culture. Tome I. 1968. 57,46 F
 CHARPENTIER (J.-M.) et MARTIN-PRÉVEL (P.) Carences et troubles de la nutrition chez le bananier (86 diapositives), 1968. (épuisé).
 LAVILLE (E.)... Les altérations et les maladies fongiques d'entreposage des agrumes et de divers fruits tropicaux (84 diapositives), 1969. 124,80 F