

Nouvelles données sur la frisolée-panachure infectieuse des agrumes en Corse.

R. VOGEL et J. M. BOVÉ*

NOUVELLES DONNEES SUR LA FRISOLEE-
PANACHURE INFECTIEUSE DES AGRUMES EN CORSE

R. VOGEL et J.M. BOVE

Fruits, fev. 1977, vol. 32, n°2, p. 93-103.

RESUME - Le virus de la frisolée et celui de la panachure infectieuse des agrumes sont vraisemblablement des souches différentes d'un même virus. Il a été démontré que le virus de la panachure infectieuse est un virus à composants multiples comprenant quatre particules nucléoprotéiques, polyédriques ; son génome est tripartite. Nous avons étudié l'influence de ces virus sur les arbres cultivés en plein champ en Corse. C'est le mandarinier 'Cléopâtre' qui présente les symptômes foliaires de gaufrage les plus accusés mais il est souvent difficile de différencier la frisolée de la panachure infectieuse en observant uniquement les symptômes foliaires. On note également que la frisolée peut provoquer la déformation des fruits sur citronnier 'Eureka' alors qu'elle est sans effet sur les fruits d'oranger 'Hamlin' ou de satsuma 'Wase'. La panachure infectieuse, dans les mêmes conditions, entraîne la déformation des fruits des trois variétés. La frisolée et surtout la panachure infectieuse induisent une diminution de la taille des arbres et de leur production.

FRISOLÉE-PANACHURE INFECTIEUSE : VIRUS A GÉNOME TRIPARTITE

Le virus de la frisolée et celui de la panachure infectieuse des agrumes sont très certainement des souches différentes d'un même virus, celui de la frisolée étant une souche plus faible que celui de la panachure infectieuse (DAUTHY et BOVÉ, 1965 ; YOT-DAUTHY et BOVÉ, 1968 ; MAJORANA et MARTELLI, 1968). Ce sont les premiers virus des agrumes à avoir été transmis mécaniquement (GRANT et CORBETT, 1961 ; DAUTHY et BOVÉ, 1965) et purifiés (YOT-DAUTHY et BOVÉ, 1968 ; MARTELLI et al., 1968). A la suite de ces études il apparaissait que le virus de la frisolée-panachure infectieuse était constitué de deux particules isométriques (pseudosphériques) d'environ 25 à 30

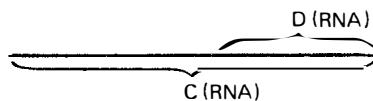
nm de diamètre, l'une ayant un coefficient de sédimentation de 95 S, l'autre de 108 S. Il vient maintenant d'être établi (GARNSEY, 1974 ; GONSALVES et GARNSEY, 1976) que l'agent de la panachure infectieuse comporte en réalité quatre particules nucléoprotéiques isométriques A, B, C et D dont le diamètre va de 25 nm pour la plus petite (D) à 30 nm pour la plus grande (A). La taille des quatre particules (ou nucléocapsides) étant différente, le virus de la panachure infectieuse constitue un virus hétérocapsidique. (On l'appelle aussi virus à composants multiples car il se compose de plusieurs nucléocapsides). Les trois particules les plus grandes (A, B et C) comportent chacune un seul segment d'acide ribonucléique (RNA) : A (RNA), B (RNA) et C (RNA) ; la plus petite particule, D, comporte deux segments identiques de D (RNA). La taille de ces RNA augmente du D (RNA) au A (RNA). L'ensemble des quatre RNA constitue le génome du virus. Comme ce génome se présente sous forme de quatre segments de RNA, il s'agit d'un virus à génome «segmenté» ou «divisé», contrairement

* - R. VOGEL - Station de Recherches agronomiques de Corse
San Giuliano - 20230 SAN NICOLAO

J.M. BOVÉ - Professeur à l'Université de Bordeaux II

au virus de la mosaïque du tabac par exemple où le génome existe sous forme d'un seul RNA.

Pour réaliser l'infection mécanique d'une plante seules les particules nucléoprotéiques A, B et C sont nécessaires ; la particule D est inutile. Cependant dans la plante infectée au moyen de A + B + C on retrouve à nouveau les quatre particules A, B, C et D. L'information génétique nécessaire pour la formation de la particule D est donc contenue dans A + B + C ou plus précisément dans A (RNA) + B (RNA) + C (RNA). On peut aussi réaliser l'infection au moyen des RNA purifiés. Dans ce cas l'ensemble des quatre RNA est nécessaire : A (RNA) + B (RNA) + C (RNA) + D (RNA). Cependant on peut réaliser l'infection avec trois RNA seulement : A (RNA) + B (RNA) + C (RNA), à condition d'ajouter la protéine capsidale. Cette situation est d'ailleurs réalisée automatiquement quand l'infection est produite au moyen des trois nucléocapsides A + B + C. Ainsi dans la mesure où trois segments de RNA suffisent à réaliser l'infection (en présence de protéine capsidale), le virus de la panachure infectieuse est un virus à génome tripartite. L'ensemble de ces résultats s'explique d'ailleurs aisément par le fait que la séquence du D (RNA) est contenu dans le C (RNA) et qu'il provient sans doute du C (RNA) par coupure (VAN VLOTEN-DOTING, 1976) :



Les données précédentes s'appliquent surtout au virus de la panachure infectieuse et à un virus voisin trouvé en Floride, le «Citrus leaf rugose virus» (GARNSEY, 1975). Des études sont en cours au laboratoire pour étendre ces données non seulement à la frisolée et à celui du «satsuma dwarf» d'origine japonaise, dont on suspecte la parenté avec la frisolée-panachure infectieuse, mais aussi à certains virus des arbres fruitiers qui seraient voisins du groupe de la frisolée panachure infectieuse. Le but de ces études est de rechercher le rôle de chacune des quatre nucléocapsides dans le processus d'infection, la spécificité hôte-virus, la nature des symptômes obtenus, ... L'approche est d'isoler les divers RNA de ces virus et de les recombinaison en prenant par exemple A (RNA) + B (RNA) d'un virus et en les associant à C (RNA) + D (RNA) d'un autre virus.

L'intérêt qui s'attache à l'heure actuelle à ces virus nous a poussé à présenter ici les résultats obtenus en Corse dans l'étude de la frisolée et de la panachure infectieuse en plein champ. Ces données complètent celles présentées antérieurement (VOGEL et BOVÉ, 1963).

LA FRISOLÉE-PANACHURE INFECTIEUSE DANS LES VERGERS DE CORSE

Le tableau 1 indique les vergers dans lesquels certaines

espèces et variétés d'agrumes ont montré des symptômes de frisolée-panachure infectieuse. Le gaufrage sur les feuilles de pamplemoussiers de la Station de San Giuliano était particulièrement important (photo 1), bien que les fruits restassent indemnes de symptômes. L'indexation des arbres du tableau 1 sur citronnier 'Eureka' ou sur oranger 'Hamlin' a confirmé que les symptômes observés étaient dus au virus de la frisolée-panachure infectieuse. La caractérisation de la souche de virus impliquée, frisolée ou panachure infectieuse n'a pas été effectuée.

Parmi les arbres du tableau 1, seul le mandarinier 'Commun' du verger PIERONI n'a pas manifesté de symptômes en verger. Il a servi à inoculer quatre orangers 'Washington navel'; ceux-ci ont tous manifesté des symptômes de gaufrage ; ils ont servi à leur tour à inoculer des plants de cédratier 'Etrog' 60-13 maintenus à la température de 27-34°C. Les symptômes de gaufrage sont apparus au bout d'un mois sur les premières feuilles de cédratier s'étant développées après l'inoculation. L'intensité du gaufrage a diminué au fur et à mesure des nouvelles pousses et, au bout de quelque temps, le gaufrage ne s'est plus manifesté sur les nouvelles feuilles. La disparition du gaufrage est très certainement due à la température élevée, 27-34°C, à laquelle ces plants ont été maintenus. On sait en effet que l'expression des symptômes de la frisolée-panachure infectieuse est conditionnée par la température (GRANT et CORBETT, 1961 ; DAUTHY et BOVÉ, 1965). Des résultats identiques ont été obtenus par inoculation de cédratier 'Etrog' 60-13 au moyen d'inoculum prélevés sur l'oranger commun du verger BROCCA mentionné dans le tableau 1. La photo 2 représente les symptômes de gaufrage obtenus sur cédratier ; elle montre aussi le début d'enroulement des feuilles terminales dû au viroïde de l'exocortis.

QUELQUES ESPECES ET VARIÉTÉS SENSIBLES AU VIRUS DE LA FRISOLÉE EN CORSE

Diverses espèces et variétés d'agrumes ont été inoculées avec une souche donnée de frisolée. Il s'agit de la souche 81-A-65 sélectionnée par le Professeur J.M. WALLACE de Californie. Cette souche provient d'une transmission par graine et elle n'est pas contaminée par d'autres virus ou agents pathogènes connus.

Le tableau 2 donne la liste des espèces inoculées et l'intensité des symptômes foliaires.

Les symptômes foliaires de psorose (éclaircissement en tirets et aspect «feuille de chêne») sont les premiers que l'on observe après inoculation ; puis apparaissent les symptômes de gaufrage, plus ou moins accusés suivant les espèces et variétés comme le montre le tableau 2. Le gaufrage le plus intense a été observé sur mandarinier 'Cléopâtre' (photo 3) et sur satsuma 'Wasc' (photo 4). Aucun symptôme de

TABLEAU 1 - Arbres de verger atteints de frisolée-panachure infectieuse.

Désignation des vergers	Espèces et variétés atteintes	Age (ans)	Origine	Intensité du gaufrage sur les arbres en verger	Nombre d'arbres présentant des symptômes en verger et trouvés positifs à l'indexation
BROCCA	oranger Commun	50	Corse	+	1
LUCCIANI	oranger Commun	10	Corse	++	1
LUISI	citronnier Eureka	20	Corse	++	10
ORLANDUCCI	oranger Grosse Sanguine	18	Maroc	+	8
PIERONI	mandarinier Commun	50	Corse	.*	1
S.R.A.	pampleoussier	17	Maroc	+++	12

* - le mandarinier 'Commun' du verger PIERONI ne manifestait pas de symptômes en verger (voir texte).

TABLEAU 2 - Réaction de diverses espèces et variétés d'agrumes au virus de la frisolée.

Espèces et variétés inoculées	Plants de semis ou arbres greffés	symptômes foliaires observés		
		symptômes foliaires de psorose	gaufrage	panachure-variegation
<i>C. aurantifolia</i> (CHRISTM.) SWING. (lime 'mexicaine')	semis	+	+	-
<i>C. aurantium</i> L. (bigaradier)	semis	+	++	-
<i>C. limon</i> (L.). BURM. * (citronnier 'Eureka')	greffé sur bigaradier	+	++	-
<i>C. medica</i> L. (cédratier 'Etrog' 60-13)	greffé sur cédratier de semis	+	++	-
<i>C. pectinifera</i>	semis	+	+	-
<i>C. reshni</i> hort. ex Tanaka (mandarinier Cléopâtre)	semis	+	+++	-
<i>C. reticulata</i> BLANCO (clémentinier)	greffé sur <i>C. Troyer</i>	+	+	-
<i>C. sinensis</i> (L.). OSB. (oranger 'Hamlin')	semis greffé sur <i>P. trifoliata</i>	+	++	-
<i>C. unshiu</i> MARC. (satsuma var. 'Wase')	greffé sur <i>P. trifoliata</i>	+	+++	-
<i>C. webberi</i> WESTER	semis	+	+	-
<i>Poncirus trifoliata</i> (L.). RAF.	semis	-	-	-

* - il s'agit de plants obtenus par la multiplication de citronniers 'Eureka' infectés par la frisolée 81-A-65 sur bigaradier.

+ - symptômes nets ; ++ - symptômes très accusés
- pas de symptômes

Après inoculation (ou multiplication dans le cas du citronnier 'Eureka') tous les plants ont été conservés sous cage d'isolement à température ambiante sauf les plants de cédratier 'Etrog' qui ont été placés en serre à la température de 27-34°C.

panachure ou de variegation n'a été noté ni dans cette expérience ni dans d'autres, qu'elles aient été conduites en serre ou en verger. C'est la raison pour laquelle la souche 81-A-65 utilisée dans ces expériences est considérée comme une souche de frisolée et non pas de panachure infectieuse.

Dans le cas du citronnier les symptômes foliaires de psorose ne sont pas toujours aisés à voir ; par contre on observe, après inoculation et avant l'apparition du gaufrage, le développement de taches circulaires transparentes qui ensuite disparaissent (FRASER, 1961 ; VOGEL et BOVÉ, 1963).

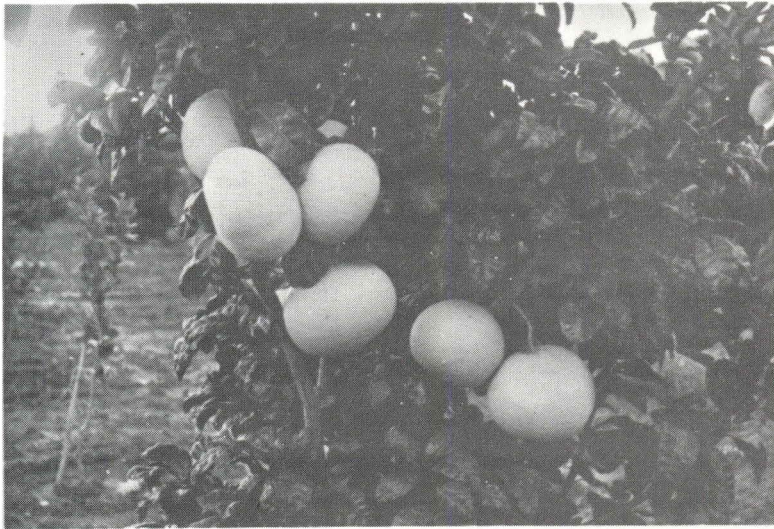


Photo 1. Symptômes accusés de frisolée sur un jeune pamplemoussier originaire du Maroc : gaufrage des feuilles.

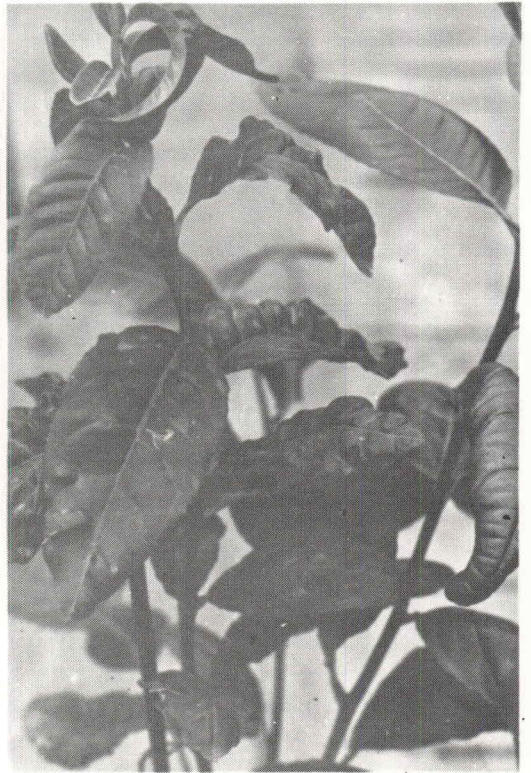
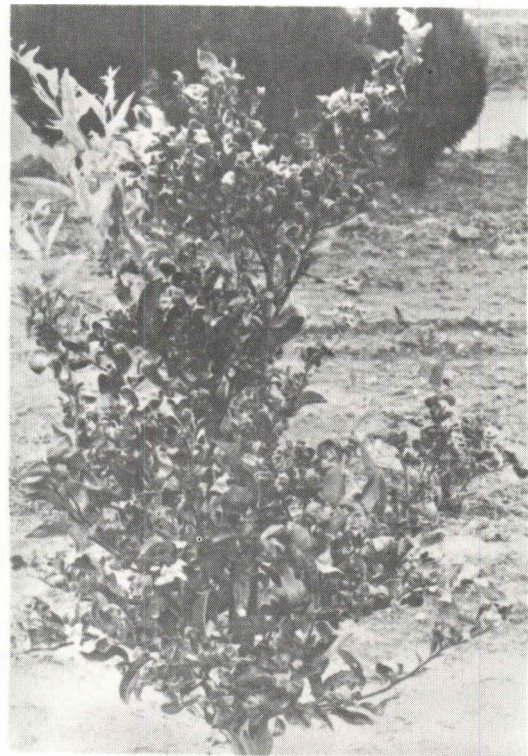


Photo 2. Symptômes de frisolée (gaufrage) sur un cédratier 'Étrog, 60-13 inoculé avec des écorces de l'oranger 'Brocca'.



3a



3b

Photos 3 a et b. Mandarinier 'Cléopâtre' inoculé avec des écorces de citronnier renfermant la souche de frisolée 81-A-65. La plupart des feuilles de cet arbre présentent un gaufrage sévère.



Photo 4. Déformation d'une partie du feuillage d'un satsuma 'Wase' inoculé avec la souche de panachure infectieuse 1234 de Floride.

Photo 5. *A gauche* : orange 'Hamlin' gaufrée provenant d'un arbre inoculé avec la souche de panachure infectieuse 1234 de Floride.
A droite : fruit d'un arbre témoin non inoculé.

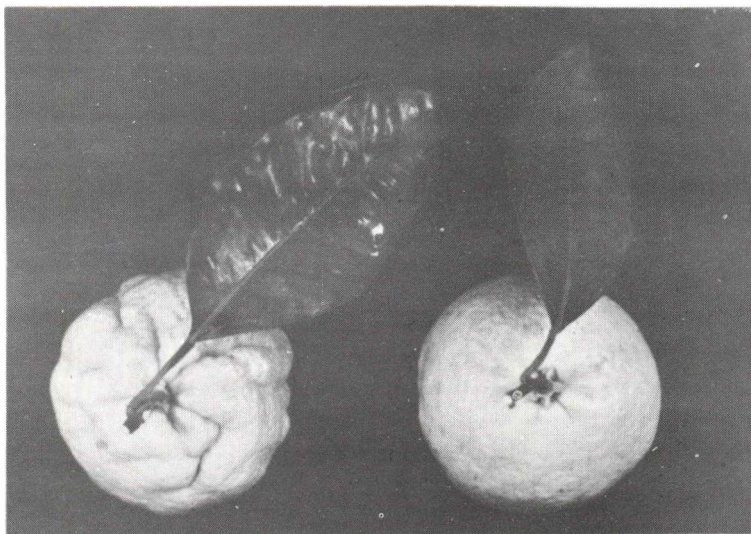
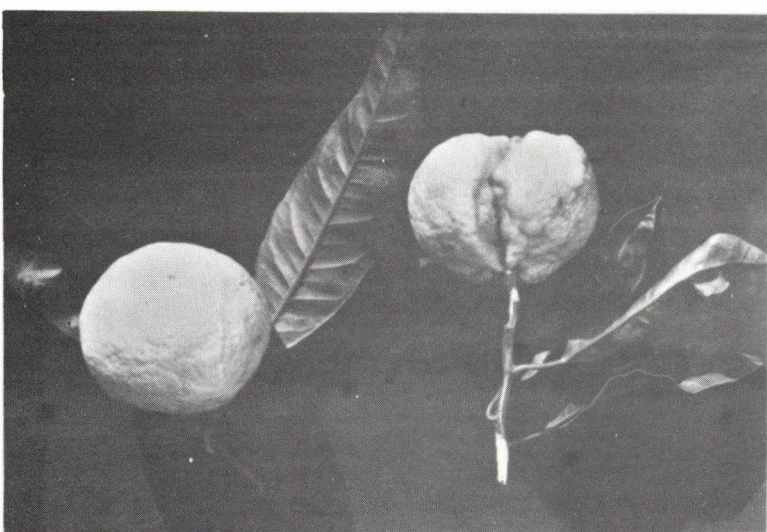


Photo 6. *A droite* : fruit et feuilles gaufrées provenant d'un satsuma 'Wase' inoculé avec la panachure infectieuse souche 1234 de Floride.
A gauche : fruit et feuilles d'un arbre témoin non inoculé.



Dans une autre expérience conduite sous serre climatisée (20-25°C) les symptômes foliaires de psorose et de gaufrage ont été obtenus par inoculation de plants de semis des espèces et variétés suivantes : orangers (*C. sinensis* L.) var. 'Hamlin' et 'Trovita', pomelo (*C. paradisi* MACF.) var. 'Marsh', mandarinier (*C. deliciosa* TEN.) var 'Commun' et limette de Palestine (*C. limettioides* TAN.). Sur mandarinier et limette le gaufrage se réduisait à quelques cloques isolées.

Il convient de remarquer que la souche de frisolée utilisée dans ces expériences a induit des symptômes foliaires de psorose comprenant aussi bien les éclaircissements « en tirets » que l'aspect « feuille de chêne ». Ce résultat confirme nos résultats antérieurs (VOGEL et BOVÉ, 1963 ; DAUTHY et BOVÉ, 1965) ainsi que ceux de WALLACE (1959). Par contre la souche de frisolée utilisée par FRASER en Australie ne produit pas de symptômes foliaires de psorose sur les plants inoculés (FRASER, 1961). Lilian FRASER a émis l'hypothèse que la souche de frisolée de WALLACE était contaminée par la psorose «A» (FRASER, 1961). Nous avons essayé de vérifier cette hypothèse dans le cadre d'une expérience de prémunition impliquant les agents du Concave Gum (souche de Californie, code 158-62), de la frisolée (souche de Californie, code 81-A-65), de la panachure infectieuse (souche de Floride 1234, test 9 de T.J. GRANT) et de la psorose (souche de Californie, code 340). Nous avons inoculé à des orangers 'Hamlin' de semis sur *P. trifoliata* l'un de ces agents en avril 1965 et un second en avril 1966. Le tableau 3 indique les diverses combinaisons deux à deux des agents utilisés et les symptômes observés au 10 juin 1976 soit dix et onze ans après l'inoculation. On voit qu'aucun des lots de plants inoculés en 1965 ou en 1966 avec la frisolée ou la panachure infectieuse ou les deux réunis n'a provoqué à ce jour ni des symptômes de Concave Gum, ni des symptômes de psorose A. Cependant, cette expérience est imparfaite pour deux raisons :

1) la souche de Concave Gum 158-62 utilisée est contaminée par le viroïde de l'exocortis comme le montre le tableau 3. La présence du viroïde de l'exocortis dans cette souche n'était pas soupçonnée en 1965 quand l'expérience a été mise en place. Comme les orangers 'Hamlin' de cette expérience sont greffés sur *Poncirus trifoliata*, tous les arbres inoculés avec la souche de Concave gum manifestent sur le porte-greffe un écaillage important : les symptômes typiques de l'exocortis. De ce fait leur développement est très ralenti et l'apparition des symptômes de Concave gum s'en trouve vraisemblablement freinée. Cela explique qu'aucun des arbres des lots A ne manifestent les symptômes de Concave gum alors que ces symptômes sont apparus d'ores et déjà sur certains plants des lots C2 et D2.

2) la souche de psorose utilisée dans cette expérience, la souche 340, n'a jamais induit en Corse des symptômes d'écaillage comme le montre les expériences du tableau 3 ainsi que d'autres publiées ailleurs (BOVÉ et VOGEL, 1976). Cependant la psorose écailleuse s'exprime aisément

en Corse (BOVÉ et VOGEL, 1976).

En dépit de ces imperfections il semble cependant que ni la souche de frisolée 81-A-65 de Californie, ni la souche de panachure infectieuse 1234 de Floride ne renferment ni l'agent de la psorose «A», ni l'agent du Concave gum. Les symptômes foliaires de psorose observés sur les plants inoculés avec ces souches semblent donc être attribuables au virus même de la frisolée panachure infectieuse. Dans ce contexte il convient de rappeler que les symptômes foliaires de psorose semblent ne pas être spécifiques d'une maladie donnée et qu'on les observe aussi bien avec la psorose A, le Concave gum, le Blind pocket, le Cristacortis, l'Impietratura, qu'avec la frisolée et la panachure infectieuse (VOGEL et BOVÉ, 1974).

Enfin la souche de frisolée de Californie 81-A-65, contrairement à la souche australienne (FRASER, 1961) provoque des symptômes de gaufrage accusés sur bigaradier et mandarinier 'Cléopâtre' (tableau 2) et plus faibles sur limette 'de Palestine' et tangelo 'Orlando'.

DIFFÉRENCES ENTRE LA SOUCHE DE FRISOLÉE 81-A-65 DE CALIFORNIE ET LA SOUCHE DE PANACHURE INFECTIEUSE 1234 DE FLORIDE

Symptômes foliaires.

En serre climatisée (20-25°C) les symptômes foliaires provoqués par la frisolée souche 81-A-65 et la panachure infectieuse souche 1234, sur citronnier sont aisément discernables dans la mesure où la frisolée tout en provoquant un important gaufrage, ne réduit pas la taille des feuilles et ne donne pas lieu à une panachure, alors que la panachure infectieuse se traduit par des feuilles plus ou moins lancéolées, de taille plus petite et présentant des panachures plus ou moins accusées, accompagnées d'un gaufrage moins intense que celui de la frisolée. Par contre dans les conditions des vergers de Corse, frisolée et panachure infectieuse donnent sur feuilles des symptômes très voisins et qui rappellent ceux de la frisolée (gaufrage sans panachure). Il en est ainsi en particulier pour le citronnier 'Eureka' et l'oranger 'Hamlin'. En ce qui concerne cette dernière variété, nous avons inoculé, en 1965, quatre plants de semis greffés sur *P. trifoliata* avec la frisolée et quatre arbres semblables avec la panachure infectieuse. Aujourd'hui les huit arbres présentent des symptômes accusés de gaufrage non accompagné de panachure et il est impossible, d'après les seuls symptômes foliaires de discerner ceux qui ont été inoculés avec l'une ou l'autre des souches. Cependant les symptômes sur fruit permettent de distinguer ces deux catégories d'arbres.

TABLEAU 3 - Orangers 'Hamlin' de semis sur *P. trifoliata* inoculés en 1965 avec un premier agent pathogène et en 1966 avec un second agent : symptômes observés en juin 1976.

Lots	souches inoculées en premier	souches inoculées un an après	symptômes observés au 10 juin 1976				
			symptômes foliaires de psorose	symptômes de frisolée ou de panachure	symptômes corticaux de psorose	symptômes corticaux de concave güm	symptômes d'exocortis sur le porte greffe
A1	concave gum	aucune	4/4 *	0/4	0/4	0/4	4/4
A2	concave gum	frisolée	4/4	4/4	0/4	0/4	4/4
A3	concave gum	panachure	4/4	4/4	0/4	0/4	4/4
A4	concave gum	psorose 340	4/4	0/4	0/4	0/4	4/4
B1	frisolée	aucune	4/4	4/4	0/4	0/4	0/4
B2	frisolée	concave gum	4/4	4/4	0/4	0/4	4/4
B3	frisolée	panachure	4/4	4/4	0/4	0/4	0/4
B4	frisolée	psorose 340	4/4	4/4	0/4	0/4	0/4
C1	panachure infectieuse	aucune	4/4	4/4	0/4	0/4	0/4
C2	panachure infectieuse	concave gum	4/4	4/4	0/4	1/4	4/4
C3	panachure infectieuse	frisolée	4/4	4/4	0/4	0/4	0/4
C4	panachure infectieuse	psorose 340	4/4	4/4	0/4	0/4	0/4
D1	psorose 340	aucune	4/4	0/4	0/4	0/4	0/4
D2	psorose 340	concave gum	4/4	0/4	0/4	1/4	4/4
D3	psorose 340	frisolée	4/4	4/4	0/4	0/4	0/4
D4	psorose 340	panachure	4/4	4/4	0/4	0/4	0/4
E	aucune	aucune	0/8	0/8	0/8	0/8	0/8

* - nombre de plants présentant des symptômes sur le nombre total de plants par lot.

Symptômes sur fruit.

Les orangers 'Hamlin' précédents inoculés avec la frisolée 81-A-65 n'ont jamais présenté jusqu'à présent (onze ans après l'inoculation) des symptômes sur fruits. Par contre, comme le montre la photo 5 les fruits des arbres atteints de panachure infectieuse souche 1234 sont déformés et boursofflés. Il en est de même des fruits de satsuma 'Wase', déformés sous l'effet de la panachure infectieuse souche 1234 (photo 6), mais non affectés par la frisolée souche 81-A-65 (photo 7). Par contre les fruits de citronnier 'Eureka' manifestent des symptômes tant avec la frisolée souche 81-A-65 (photo 8) qu'avec la panachure infectieuse souche 1234.

Dans le cas des satsuma 'Wase' sur *P. trifoliata* infectés par la frisolée et surtout par la panachure infectieuse on observe sur le même arbre des branches normales et des branches aux feuilles gaufrées. Dans le cas de la panachure infectieuse les fruits déformés ne se trouvent que sur les branches caractérisées par des symptômes foliaires ; sur les branches non affectées les fruits sont normaux.

Développement des arbres et rendements.

Dans une expérience impliquant des satsuma 'Wase'

nucellaires, clone S.R.A. 12, sur *P. trifoliata* âgés de trente mois, trois arbres ont été inoculés en 1968 avec la frisolée 81-A-65, trois arbres avec la panachure infectieuse 1234 et trois arbres ont été conservés comme témoins non inoculés. Le tableau 4 montre que sept ans après l'inoculation, la hauteur, la circonférence des troncs et la récolte des arbres inoculés étaient plus faibles que celles des arbres témoins (mensurations de 1975) ; l'effet de la panachure infectieuse était plus prononcé que celui de la frisolée. Le développement réduit des arbres inoculés et en particulier de ceux atteints de panachure infectieuse n'est pas sans rappeler le nanisme des satsuma atteints de «satsuma dwarf» au Japon, d'autant plus que quelques feuilles sont enroulées en forme de «coque de barque» (boat-shaped leaves).

Dans une deuxième expérience des citronniers 'Eureka' greffés sur bigaradier et sur Citrange 'Troyer' infectés par la frisolée 81-A-65 en 1963 ont été comparés à des témoins non atteints. Le tableau 5 donne les mensurations effectuées en 1975. Comme dans le cas des satsuma, la frisolée réduit le développement, et surtout le rendement des arbres quel que soit le porte-greffe. Rappelons que dans l'état actuel des arbres, les fruits de citronnier sont déformés par la frisolée (photo 8) alors que ceux des satsuma ne le sont pas.

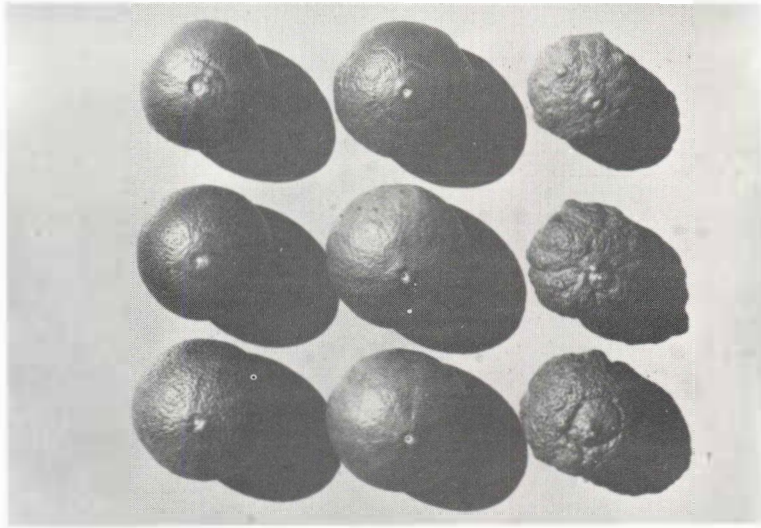


Photo 7. Jeunes fruits de satsuma 'Wase' provenant d'arbres témoins non inoculés (milieu), d'arbres inoculés avec la frisolée (à gauche) et d'arbres inoculés avec la panachure infectieuse (à droite).

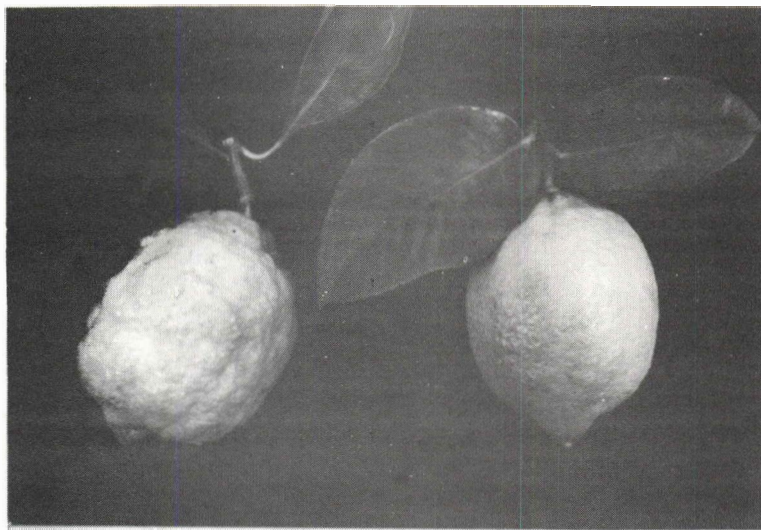


Photo 8. *A gauche* : fruit gaufré de citronnier 'Eureka' récolté sur un arbre inoculé avec la frisolée 81-A-65.
A droite : fruit d'un arbre témoin non inoculé.

TABLEAU 4 - Effet de la Frisolée et de la Panachure infectieuse sur le développement et la production de Satsuma 'Wase' sur *P. trifoliata* sept ans après inoculation (expérience P. 9).

Virus inoculés	N° des arbres	Hauteur des arbres (en cm)	Circonférence des troncs		Récolte 1975 (en kg)
			Porte-greffe (en cm)	Greffon (en cm)	
aucun	1	330	38	29	68,9
	2	360	47	36	111,4
	3	330	41	37	101,1
		m * 340 - 100 p. cent	m 42 - 100 p. cent	m 34 - 100 p. cent	m 93,8 - 100 p. cent
Frisolée (souche 81-A-65)	1	290	40	29	58,8
	2	250	37	27	52,0
	3	270	35	26	44,6
		m 270 - 79 p. cent	m 37 - 88 p. cent	m 27 - 79 p. cent	m 51,8 - 55 p. cent
Panachure infectieuse (souche 1234)	1	220	30	22	7,0
	2	260	30	23	29,4
	3	210	35	25	39,3
		m 230 - 68 p. cent	m 32 - 76 p. cent	m 23 - 68 p. cent	m 25,2 - 27 p. cent

* m = moyenne des trois arbres.

TRANSMISSION DES VIRUS DE LA FRISOLÉE ET DE LA PANACHURE INFECTIEUSE

Les virus de la frisolée et de la panachure infectieuse sont aisément transmissibles par greffage d'inoculation. Ils sont aussi transmissibles mécaniquement de Citrus à Citrus et à plantes herbacées (*Vigna sinensis*, *Crotalaria spectabilis*, ...), et de plante herbacée à Citrus (GRANT et CORBETT, 1961; DAUTHY et BOVÉ, 1965; GARNSEY, 1974; WEATHERS et al. 1974; DESJARDINS, 1975).

Le virus de la frisolée peut aussi être transmis d'un arbre infecté aux graines de cet arbre; les plants issus de ces graines sont infectés par le virus et manifestent les symptômes de la maladie; le pourcentage de graines infectées est faible (WALLACE, 1957). Nous avons confirmé ce résultat en Corse. Dix p. cent des plants de semis issus de graines prélevées sur un citronnier 'Eureka' atteint de frisolée, étaient contaminés par la maladie.

Nous avons récemment montré que le pollen d'arbres atteints de cristacortis était capable de transmettre les symptômes foliaires de «psorose» et les symptômes corticaux de «stem pitting» caractéristiques du cristacortis quand ces grains de pollen étaient placés sous l'écorce de jeunes plants de semis de tangelos 'Orlando' (VOGEL et BOVÉ,

1976). Les symptômes foliaires de «psorose» associés au concave gum (souche 158-62), à la psorose (souche 340) et à l'impietatura (souche corse) ont également été transmis de cette façon. Mais les essais de transmission de la frisolée (souche 81-A-65) par le pollen placé sous l'écorce ont été négatifs.

CONCLUSION

Des travaux récents ont montré que le virus de la panachure infectieuse est un virus à composants multiples, comprenant quatre particules nucléoprotéiques (nucléocapsides), de forme pseudosphérique (virus isométrique); les quatre nucléocapsides ont des tailles différentes allant de 25 nm pour la plus petite à 30 nm pour la plus grande: le virus est hétérocapsidique par opposition aux virus isocapsidiques dont les composants ont une taille identique. Chacun des quatre composants ou nucléocapsides renferme un type donné d'acide ribonucléique (RNA) dont la taille est d'autant plus grande que le diamètre de la nucléocapside est plus élevé. Le génome du virus est donc formé de quatre segments différents de RNA: c'est un génome «segmenté» ou «divisé». Les trois segments les plus grands ont toute l'information génétique nécessaire pour réaliser l'infection:

TABLEAU 5 - Effet de la Frisolée sur le développement et la production de citronniers 'Eureka' sur bigaradier et sur Citrange 'Troyer'.

Porte-greffe	Virus inoculé	N° de l'arbre	Hauteur des arbres (en cm)	Circonférence des troncs		Récolte 1975 (en kg)	
				Porte-greffe (en cm)	Greffon (en cm)		
Bigaradier	aucun	1	450	50	47	98,6	
		2	500	53	52	162,0	
		3	450	57	59	167,6	
		4	450	47	44	131,2	
		5	450	52	47	131,0	
		6	500	53	56	108,0	
				m* 466 : 100 p. cent	m 52 : 100 p. cent	m 51 : 100 p. cent	m 133,0 : 100 p. cent
	Frisolée	1	430	41	46	68,0	
		2	450	49	49	109,8	
		3	450	41	43	70,0	
		4	450	39	39	53,0	
		5	450	40	42	53,2	
6		450	34	40	46,2		
			m 446 : 95 p. cent	m 41 : 78 p. cent	m 43 : 84 p. cent	m 66,7 : 50 p. cent	
C. Troyer	aucun	1	400	40	42	81,0	
		2	360	42	42	100,2	
		3	400	45	45	111,2	
		4	330	40	41	120,0	
		5	400	46	46	94,2	
		6	400	47	55	144,4	
				m 381 : 100 p. cent	m 43 : 100 p. cent	m 45 : 100 p. cent	m 108,5 : 100 p. cent
	frisolée	1	410	43	42	93,0	
		2	400	46	43	65,6	
		3	400	43	43	80,2	
		4	330	43	41	63,6	
		5	380	45	39	66,6	
6		330	42	39	45,0		
			m 375 : 98 p. cent	m 43 : 100 p. cent	m 41 : 91 p. cent	m 69,0 : 63 p. cent	

* m = moyenne des six arbres.

le virus a un génome tripartite.

Frisolée et panachure infectieuse appartiennent très certainement à un même groupe de virus, la frisolée étant due à une souche plus faible que celle de la panachure infectieuse.

Plusieurs cas de frisolée-panachure infectieuse ont été repérés en Corse, qu'il s'agisse d'arbres originaires de l'île ou venant du Maroc. En serre climatisée frisolée et panachure infectieuse se traduisent par des symptômes foliaires qui permettent de les distinguer : gaufrage, panachure et défor-

mation du feuillage pour la panachure infectieuse, gaufrage uniquement pour la frisolée. En verger, frisolée et panachure sont souvent difficilement discernables l'une de l'autre par les symptômes foliaires dans la mesure où seul le gaufrage apparaît. Cependant la panachure infectieuse réduit le développement et la production des arbres d'une façon plus importante que la frisolée. En outre la panachure affecte les fruits d'oranger et de satsuma qui sont déformés et boursoufflés, alors que la frisolée est sans effet.

La souche de frisolée 81-A-65 originaire de Californie est indemne d'exocortis, de cristacortis et d'impetratura et

ne renferme vraisemblablement pas l'agent causal de la psorose «A» ni celui du concave gum-blind pocket. Cependant, contrairement à une souche de frisolée étudiée en Australie, elle induit des symptômes foliaires de psorose. Cela souligne le fait que ces symptômes, éclaircissements en tirets ou aspect «feuille de chêne», ne sont pas spécifiques d'une maladie donnée mais qu'ils traduisent de la part de la plante affectée, une réaction identique à des agents pathogènes aussi différents que ceux de la psorose A, du concave gum-blind pocket, de l'impetratura, du cristacortis et de la frisolée-panachure infectieuse.

BIBLIOGRAPHIE

- BOVE (J.M.) et VOGEL (R.). 1976.
Psorose écailleuse et nature de l'écaillage d'écorce observé sur certains agrumes de Corse.
Fruits, jan. 1977, vol. 32, n°1, p. 43-50.
- DAUTHY (D.) et BOVE (J.M.). 1965.
Experiments on mechanical transmission of Citrus viruses.
p. 250-253. *In Proc. 3rd Conf. Intern. Organization Citrus Virol., Univ. Florida Press, Gainesville.*
- DESJARDINS (P.R.). 1975.
Infectious variegation-crinkly leaf.
Tome II. *In Virus and Virus-like Diseases of Citrus. J.M. BOVE et R. VOGEL (eds), SETCO-IRFA, 6, rue du Général Clergerie 75 116 Paris.*
- FRASER (L.R.). 1961.
Lemon crinkly leaf virus.
p. 205-210. *In Proc. 2nd Conf. Intern. Organization Citrus Virol., Univ. Florida Press, Gainesville.*
- GARNSEY (S.M.). 1974.
Purification and serology of a Florida isolate of Citrus variegation virus.
p. 169-175. *In Proc. 6th Conf. Intern. Organization Citrus Virol., Univ. California, Richmond.*
- GARNSEY (S.M.). 1975.
Purification and properties of Citrus-leaf-rugose virus.
Phytopathology, 65, 50-57.
- GONSALVES (D.) et GARNSEY (S.M.). 1976.
Association of particle size with sedimentation velocity of the nucleoprotein components of Citrus variegation and Citrus leaf rugose viruses.
p. 109-115. *In Proc. 7th Conf. Intern. Organization Citrus Virol., Univ. California, Riverside.*
- GRANT (R.J.) et CORBETT (M.K.). 1961.
Mechanical transmission of infectious variegation virus in Citrus and non Citrus hosts.
p. 197-204. *In Proc. 2nd Conf. Intern. Organization Citrus Virol., Univ. Florida Press, Gainesville.*
- MAJORANA (G.) et MARTELLI (G.P.). 1968.
Comparison of Citrus infectious variegation and Citrus crinkly leaf virus isolates from Italy and California.
p. 273-280. *In Proc. 4th Conf. Intern. Organization Citrus Virol., Univ. Florida Press, Gainesville.*
- MARTELLI (G.P.), MAJORANA (G.) et RUSSO (M.). 1968.
Investigations on the purification of Citrus variegation virus (CVV).
p. 267-273. *In Proc. 4th Conf. Intern. Organization Citrus Virol., Univ. Florida Press, Gainesville.*
- VAN VLOTEN-DOTTING (L.). 1976.
Similarities and differences between viruses with a tripartite genome.
Ann. Microbiol. (Institut Pasteur), 127 A, 119-129.
- VOGEL (R.) et BOVE (J.M.). 1963.
L'état sanitaire des agrumes en Corse. V.- Crinkly leaf (frisolée) - infectious variegation (panachure infectieuse).
Fruits, 18, 115-121.
- VOGEL (R.) et BOVE (J.M.). 1974.
Studies on the cause of leaf symptoms associated with cristacortis disease of Citrus.
p. 131-134. *In Proc. 6th Conf. Intern. Organization Citrus Virol., Univ. California, Richmond.*
- VOGEL (R.) et BOVE (J.M.) 1976.
Transmission de maladies infectieuses d'agrumes à agrumes par le pollen d'arbres malades appliqué sous l'écorce de plantes saines.
C.R. Acad. Sci. série D, 283, 1409-1412.
- WALLACE (J.M.). 1957.
Virus strain interference in relation to symptoms of psorosis disease of citrus.
Hilgardia, 27, 223-246.
- WALLACE (J.M.). 1959.
A half century of research on psorosis. p. 5-21.
In J.M. WALLACE (ed.) Citrus Virus Disease, Univ. California, Div. Agric. Sci. Berkeley.
- WEATHERS (L.G.), GARNSEY (S.M.), CATARA (A.), DESJARDINS (P.R.), MAJORANA (G.) et TANAKA (H.). 1974.
Mechanical transmission of citrus viruses. p. 147-156.
In Proc. 6th Conf. Intern. Organization Citrus Virol., Univ. California, Richmond.
- YOT-DAUTHY (D.) et BOVE (J.M.). 1968.
Purification and characterization of Citrus crinkly leaf virus.
p. 255-263. *In Proc. 4th Conf. Intern. Organization Citrus Virol., Univ. Florida Press, Gainesville.*

