



Les viroses de la Tomate en Côte-d'Ivoire

B. WALTER, J. C. THOUVENEL, C. FAUQUET

Laboratoire de Virologie des Plantes,
Centre ORSTOM d'Adiopodoumé
B.P. V-51 Abidjan, République de Côte-d'Ivoire

Résumé

Dans le cadre de l'inventaire des maladies virales des plantes maraîchères cultivées en Côte-d'Ivoire, plusieurs viroses ont été rencontrées sur la Tomate lors des différentes prospections. Trois virus ont pu être identifiés avec certitude par leur gamme d'hôtes, leurs propriétés biologiques, l'observation microscopique et par la sérologie ; il s'agit du Virus de la Mosaïque de la Tomate (VMTom), du Virus de la Mosaïque du Concombre (VMC), et du Virus de la Panachure du Piment (Pepper Veinal Mottle Virus = PVMV). Par ailleurs, nous avons rencontré des symptômes de Rabougrissement apical, de Maladie jaune et de virescence, comparables respectivement au « Potato Spindle Tuber », au « Totato Yellow Leaf Curl » et au « Big Bud » ou « Stolbur ». Les agents responsables de ces symptômes sont en cours d'identification.

I. — Introduction

La culture de la Tomate en Côte-d'Ivoire, initialement limitée aux petites plantations villageoises, se développe très rapidement depuis la mise en place de grands périmètres maraîchers par une société d'Etat, la SODEFEL. Sur ces périmètres, des variétés de Tomate importées sont cultivées sur de très grandes surfaces, alors que dans les plantations villageoises des variétés locales sont cultivées en association avec d'autres plantes.

De nombreuses maladies d'origine virale affectant la Tomate ont été décrites à travers le monde (Smith, 1957), mais en Afrique plus particulièrement, le virus de la Mosaïque de la Tomate (VMTom) a été identifié au Sénégal (Thouvenel et Fauquet, 1976) et au Nigeria (Lana et Adegbola, 1977). De même, selon ces derniers auteurs, dans les champs au Nigeria quelques plants isolés présentent des symptômes typiques du Virus de la Mosaïque du Concombre (VMC). Le Virus de la Panachure du Piment (Pepper Veinal Mottle Virus) PVMV provoque une maladie grave au Nigeria (Ladipo et Roberts, 1977 ; Brunt *et al.*, 1978).

D'autres maladies supposées virales et transmises par des mouches blanches (*Bemisia* sp., Aleurodidae) ont été décrites sur les cultures de Tomate en Afrique subtropicale :

— la maladie des Taches Jaunes, très grave au Nigeria (Lana et Adegbola, 1977) ;

O.R.S.T.O.M. Fonds Documentaire

N° : 859 ex 1

Cpte : B

- la maladie du Jaunissement avec anroulement des feuilles, qui n'est pas transmise mécaniquement (Lana et Wilson, 1976) ;
- le « Tomato Leaf Curl » et le « Tomato Yein Thickening » qui provoquent d'importants dégâts au Soudan (Yassin et Nour, 1965) ;
- le « Tomato Yellow Leaf Curl », au Sénégal (Thouvenel et Fauquet, 1976) ;
- la Maladie jaune en Côte-d'Ivoire (Fauquet et al., 1978).

Enfin, des maladies mal connues ont été également signalées en Afrique subtropicale :

- la maladie du « bunchy top », très répandue au Nigeria, qui se manifeste par un fort buissonnement, un rabougrissement sévère et une diminution du nombre et de la taille des fruits (Ladipo, 1976),
- la maladie des Nervures jaunes, également au Nigeria, qui se transmet difficilement par inoculation mécanique (Ladipo, 1977),
- la maladie bronzée de la Tomate (Tomato Spotted Wilt Virus) qui n'a pas été décrite sur Tomate, mais sur Tabac à Madagascar (Baudin, 1968).

Lors de tournées effectuées dans les différentes régions de la Côte-d'Ivoire (région côtière, zone de forêt, zone de savane), divers types de symptômes ont pu être observés sur les tomates. La distinction des symptômes s'est avérée très délicate ; plusieurs types de symptômes se superposent souvent sur une même plante, plusieurs virus pouvant y être associés. Nous avons essayé d'identifier les agents responsables de certaines de ces maladies par l'étude de leur transmission, des propriétés biologiques, par l'observation en microscopie électronique après purification et par détermination sérologique.

II. — Matériels et méthodes

Les plants de tomate malades sont prélevés en entier et conservés en récipients dans leur terre d'origine, à l'abri des insectes.

1. — Essais de transmission

Les expériences de greffe sont faites en implantant un greffon de plante malade en tête sur un plant sain, ou encore en procédant par approche, en greffe latérale.

Pour la transmission mécanique, les feuilles malades sont broyées dans un milieu dont la composition sera précisée à raison de 5 ml pour 1 g de feuilles et l'extrait obtenu est frotté sur les feuilles des plants-test préalablement saupoudrées de carborundum. La réussite de l'infection est contrôlée par inoculation retour sur des tomates.

2. — Propriétés biologiques

Des feuilles malades de *Nicotiana tabacum* « Samsun » (pour le VM Tom), de *N. glutinosa* (VMC), de *Physalis floridana* (PVMV), et de *Lycopersicon esculentum* (Rabougrissement apical) sont broyées dans de l'eau bidistillée, ou dans un tampon phosphate 0,5 M à pH 7,6 dans le cas du Rabougrissement apical.

— Le point d'inactivation thermique est déterminé en chauffant 2 ml d'extrait pendant 10 min dans un bain-marie à différentes températures.

— Le point de dilution limite est déterminé en effectuant des dilutions successives dans de l'eau bidistillée ou dans un tampon phosphate 0,5 M à pH 7,6 ou 0,005 M à pH 7,1 pour la maladie du Rabougrissement apical.

— La durée de conservation est mesurée soit sur un extrait brut, soit sur une préparation de virus purifié, dans différentes conditions de température.

La détermination du pouvoir infectieux des extraits traités de ces différentes manières se fait par inoculation mécanique aux plantes-test suivantes :

— *N. tabacum* « *Xanthi necroticum* » et *Chenopodium amaranticolor*, hôtes à lésions locales pour le VMTom ;

— *Phaseolus mungo* var. *aureus*, dans le cas du VMC ;

— *Physalis floridana*, dans le cas du PVMV ;

— *L. esculentum* cv. « Heinz 1350 » et *N. glutinosa*, pour la maladie du Rabougrissement apical.

3. — Purifications

Le VMTom est purifié à partir de *N. tabacum* « Samsun » d'après la méthode de Gooding et Hebert (1967) par une précipitation au polyéthylène glycol (PEG) suivie de deux cycles de centrifugation ; puis le virus est remis en suspension dans du tampon phosphate 0,01 M pH 7,0 ou dans de l'eau bidistillée.

Le VMC est purifié à partir de *N. glutinosa* par modification de la méthode de Scott (1963) : après broyage dans un tampon citrate 0,5 M, 0,5 p. 100 acide thioglycolique, pH 6,5 et clarification au chloroforme, le virus est précipité au PEG et soumis à deux cycles de centrifugations.

Le PVMV est purifié à partir de *N. benthamiana* selon la méthode décrite par Thouvenel et al. (1976) pour le virus de la Mosaïque du Panicum, ou à partir de *L. esculentum* selon une méthode voisine : les feuilles sont broyées dans trois volumes d'un milieu KH_2PO_4 0,5 M, urée 1 M, 2-mercaptoéthanol 1 p. 100, pH 8,25. Après clarification au chloroforme, la suspension est centrifugée pendant 2 h 30 à 78 000 g. Le culot est remis en suspension dans un tampon phosphate 0,1 M pH 8,45 puis centrifugé à travers 5 ml de saccharose à 20 p. 100, dans un rotor SW 25.1, à 22 000 rpm pendant 3 h. Le culot est remis en suspension dans le tampon phosphate 0,1 M pH 8,45.

L'agent responsable de la maladie du Rabougrissement apical est purifié par précipitation d'un extrait de feuilles de *L. esculentum* au PEG à 5 p. 100, suivie de trois extractions successives au phénol en présence de dodécyl-sulfate de sodium (Randles, 1975). Les acides nucléiques sont précipités par l'éthanol et fractionnés par ultracentrifugation en gradient de saccharose et par électrophorèse en gel de polyacrylamide.

4. — Centrifugations en gradients de saccharose

La suspension de PVMV est analysée par ultracentrifugation pendant 2 h 30 à 89 000 g en gradient de saccharose 10 à 40 p. 100 dans un tampon citrate 0,1 M pH 6,6 si la purification est faite à partir de *N. benthamiana* et dans le tampon KH_2PO_4 0,1 M pH 8,45 si elle est faite à partir de *L. esculentum*.

Fonds Documentaire

N° : 82/80/00859

Cote : B. ex 1

Date : 24 FEVRIER 1982

La préparation d'acides nucléiques extraits des tomates atteintes de la maladie du Rabougrissement apical est fractionnée par ultracentrifugation dans un rotor SW 27.1 pendant 24 h à 82 000 g. Le gradient est constitué de six couches de saccharose 0,228 M ; 0,29 M ; 0,37 M ; 0,47 M ; 0,60 M ; 0,78 M dans le milieu 0,3 M NaCl, 0,03 M Na citrate, pH 7,2, après diffusion pendant une nuit.

5. — *Centrifugation du VMTom en gradients de chlorure de césium*

A 4 ml d'une solution aqueuse à 50 p. 100 de chlorure de césium on ajoute 1 ml de la suspension de VMTom. Après centrifugation pendant 18 h à 130 000 g, des fractions de deux et quatre gouttes sont récoltées servant alternativement à la détermination de l'indice de réfraction au moyen d'un réfractomètre d'Abbe, et à celle de la densité optique.

6. — *Electrophorèse en gels de polyacrylamide*

Les acides nucléiques sont analysés par électrophorèse dans des gels de polyacrylamide 2,5 p. 100, agarose 0,5 p. 100, de 10 cm de longueur selon la méthode de Peacock et Dingman (1968). L'électrophorèse est arrêtée quand le colorant a migré aux 2/3 du gel ; les acides nucléiques sont extraits des gels par le phénol, puis précipités à l'alcool.

7. — *Sérologie*

— *Préparation des antisérums.*

Les antisérums sont obtenus par injection intramusculaire une fois par semaine, 6 semaines de suite, de 1 ml d'une suspension contenant de 1 à 2 mg de virus, mélangé à 1 ml d'adjuvant incomplet de Freund.

— *Tests sérologiques.*

Les tests sont effectués d'après la méthode de microprécipitation sous huile de paraffine (Van Slogteren, 1954), dans le cas du VMTom et du PVMV et d'après la technique de double diffusion en agarose 0,8 p. 100 (Ouchterlony, 1962) pour le VMC et parfois pour le VMTom.

8. — *Microscopie électronique*

Les virus sont observés selon la méthode du « dipping » ou dans des suspensions purifiées, après coloration à l'acétate d'uranyle 2 p. 100, à l'aide d'un microscope Siemens Elmiskop 102 au Groupe d'Etudes et de Recherches en Microscopie Electronique (GERME) à Adiopodoumé.

III. — Résultats

1. — Description des maladies

a) La Mosaïque de la Tomate.

Elle a pu être décelée dans de nombreuses régions de la Côte-d'Ivoire. Dans celle de Dabakala (fig. 1), 5 à 30 p. 100 des cv. « Eilon » et « Marglobe » ont une croissance ralentie pouvant aller jusqu'à l'arrêt total, et présentent des symptômes de

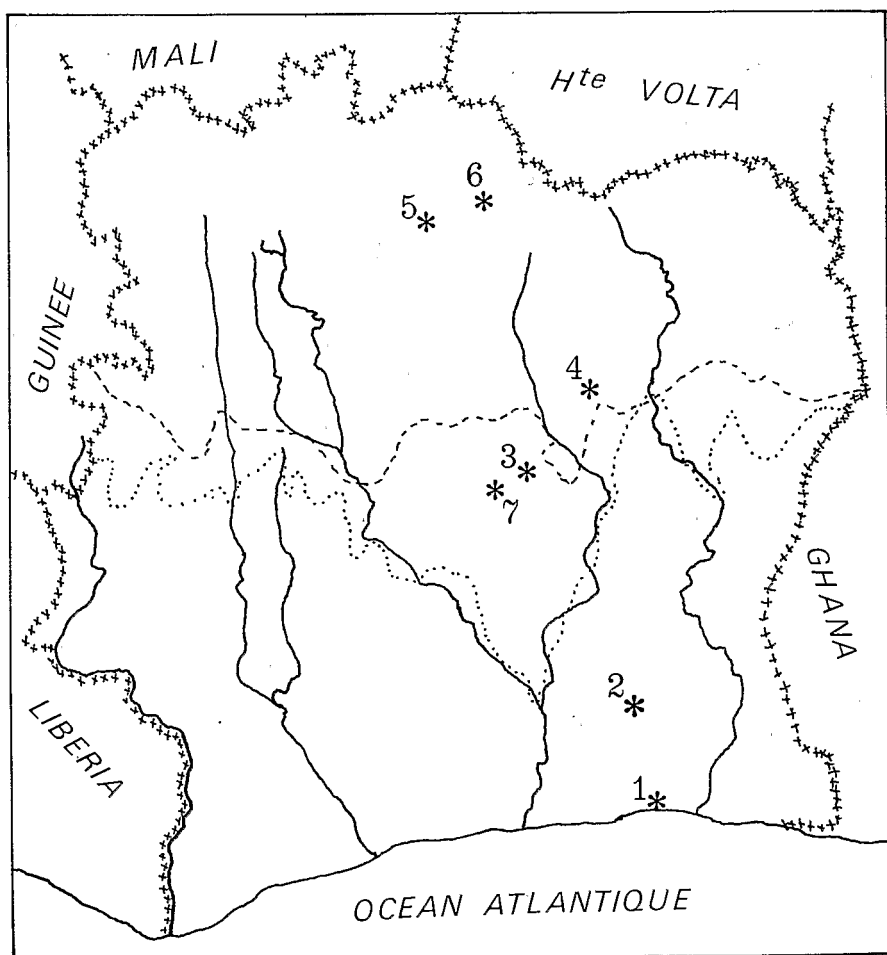


FIG. 1. — Carte de la République de Côte-d'Ivoire.

1. — Abidjan. 2. — Rubino. 3. — N'Dakro. 4. — Dabakala. 5. — Korhogo. 6. — Ferkessedougou. 7. — Niambrun. — — — Limite des Domaines guinéen et soudanais. . . . Limite septentrionale de la forêt dense humide. La zone littorale n'excède pas 7 à 8 km.

mosaïque vert clair ; la production des plants malades est fortement diminuée. Ces symptômes typiques se retrouvent dans toute la zone côtière alors que dans le Nord on remarque surtout une réduction de la surface foliaire des jeunes feuilles avec un jaunissement très prononcé.

b) *La Mosaïque du Concombre.*

Dans les plantations de la région de Rubino (fig. 1), des plants cv. « Heinz 1370 » de taille normale, présentent des déformations et une mosaïque jaune des feuilles ; les jeunes feuilles sont légèrement effilées. Cette maladie rencontrée dans toute la zone mésophile du pays affecte toujours des zones limitées.

c) *La Panachure du Piment.*

Les symptômes du PVMV observés au champ sont variables : plantes chétives et de coloration vert foncé (Dabakala), rabougrissement et légère chlorose avec, parfois, une forte diminution de la taille des feuilles qui sont légèrement enroulées (Abidjan), ou mosaïque sur des plantes à développement normal (N'Dakro).

La distinction des symptômes de ces maladies au champ est souvent impossible du fait de la présence simultanée de deux ou trois virus. Nous avons pu identifier à plusieurs reprises la présence simultanée de VMTom, de VMC et de PVMV sur « Heinz 1350 ». Un tel plant présente une forte mosaïque et une légère diminution de taille.

d) *Le Rabougrissement apical.*

Cette maladie n'a été rencontrée qu'occasionnellement dans la région de Korhogo sur un plant de Tomate très déformé.

e) *La Maladie jaune.*

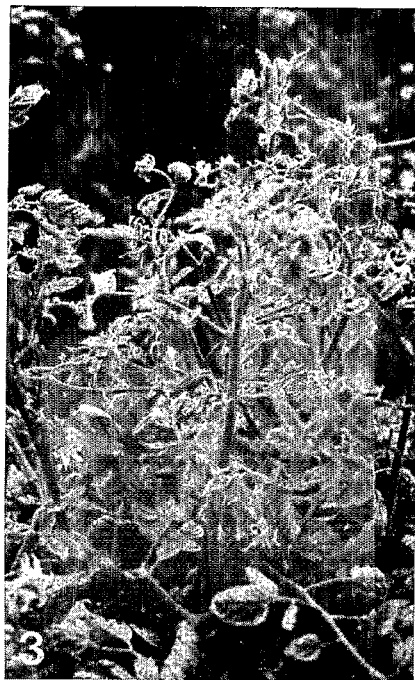
Une maladie de type jaunisse a été observée dans le Centre et le Nord de la Côte-d'Ivoire. Les premières feuilles des jeunes plantes ont un aspect normal ; plus tard, elles deviennent plus petites avec des nervures vertes et une coloration internerveuse jaune (Pl. 1, fig. 2). La réduction de la croissance apicale et de la croissance des bourgeons secondaires donnent un aspect buissonnant à la Tomate (Pl. 1, fig. 3). Les jeunes feuilles s'enroulent vers le bas. A la récolte, la décoloration du sommet et l'enroulement des feuilles s'accroissent, les vieilles feuilles prennent une coloration bleue

PLANCHE 1

FIG. 2 et 3. — *Symptômes de la Maladie jaune sur des tomates infectées naturellement, en champ ; les feuilles sont décolorées avec des nervures très vertes (2), la plante a un aspect buissonnant (3).*

FIG. 4. — *Symptômes du Virus de la Mosaïque de la Tomate sur feuilles de tomate à droite ; témoin sain à gauche.*

FIG. 5. — *Symptômes du Virus de la Mosaïque du Concombre sur feuille de tomate ; les folioles sont filiformes et présentent une mosaïque.*



et les tiges s'épaississent légèrement. Beaucoup de fleurs avortent, les fruits formés sont petits mais normalement constitués. La gravité des symptômes est liée à l'âge des plantes au moment de la contamination : plus la contamination est précoce, plus son impact sur la récolte est grand. L'importance de la maladie varie aussi selon les années : sur les périmètres maraîchers de Ferkéssédougou (fig. 1), il n'y avait aucune plante malade en 1977, 100 p. 100 en 1978, et à nouveau 0 p. 100 en 1979. Par contre, sur les périmètres de Niambroun (fig. 1) l'infestation a lieu chaque année avec les premières pluies. Une forte population de mouches blanches est présente lors des épidémies importantes.

f) *Le Stolbur.*

Cette maladie ne sévit que dans la région Centre. Les feuilles sont réduites au minimum, le limbe ne se développant plus. Les nervures et les tiges s'épaississent fortement et prennent une orientation verticale. La croissance est arrêtée, les fleurs sont rares et déformées, les vieilles feuilles sont enroulées et se colorent en jaune et en violet.

g) *La Maladie en baobab.*

La Tomate a l'aspect d'un baobab miniaturisé. Les tiges sont courtes, gonflées et tortueuses ; les feuilles sont rares et l'ensemble de la plante reste vert foncé. Il n'y a aucune fleur et pas de récolte. Cette maladie est rare et ne touche que quelques plants.

2. — *Transmission et gammes d'hôtes*

a) La souche de VMTom étudiée a été clonée par passages successifs sur *N. tabacum* « *Xanthi necroticum* ». Les symptômes typiques de mosaïque et de ralentissement de la croissance ont été reproduits en serre par inoculation du cv. « Marglobe » (Pl. 1, fig. 4). La gamme des hôtes sensibles à ce virus est rapportée dans le tableau 1.

b) Par inoculation mécanique des cv. « Heinz 1350 » et « Heinz 1370 », avec le VMC, les symptômes suivants ont été obtenus : liséré des nervures, puis mosaïque, gaufrage et léger enroulement des feuilles qui prennent un aspect filiforme (Pl. 1, fig. 5). Parmi les hôtes sensibles (tabl. 1) *Cucumis sativus* (Pl. 2, fig. 6) et *N. glutinosa* (Pl. 2, fig. 7) montrent des symptômes typiques et ont servi à cloner la souche de VMC.

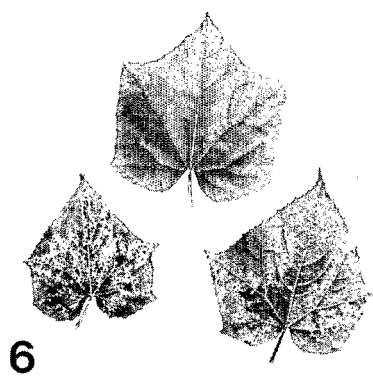
PLANCHE 2

FIG. 6 et 7. — *Symptômes obtenus par inoculation mécanique de Cucumis sativus (6) et de Nicotiana glutinosa (7) avec un extrait de tomates atteintes du Virus de la Mosaïque du Concombre ; témoins sains en haut.*

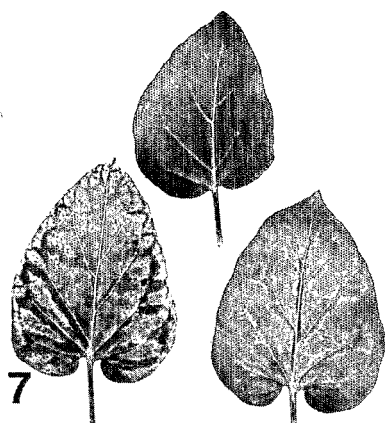
FIG. 8. — *Déformations et Mosaïque provoquées par le Virus de la Panachure du Piment sur Tomate.*

FIG. 9. — *Taches annulaires nécrotiques obtenues par inoculation mécanique de Nicotiana tabacum « White Burley » avec un extrait de tomates atteintes du Virus de la Panachure du Piment.*

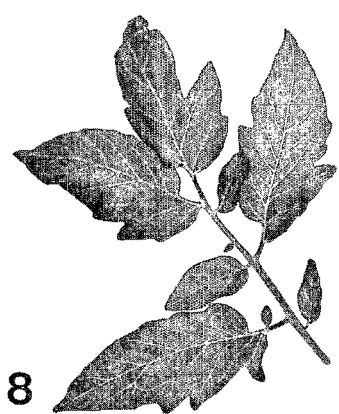
FIG. 10 et 11. — *Symptômes de la Maladie du Rabougrissement apical sur Tomate : gaufrage et enroulement des jeunes folioles (10) ; nécroses des nervures (11).*



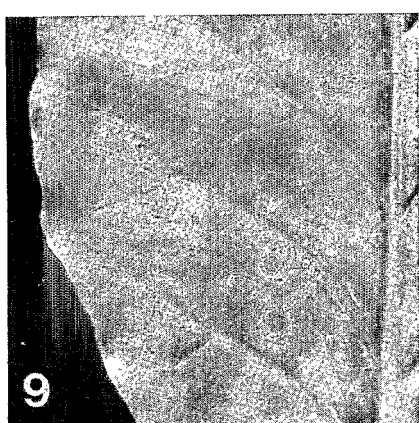
6



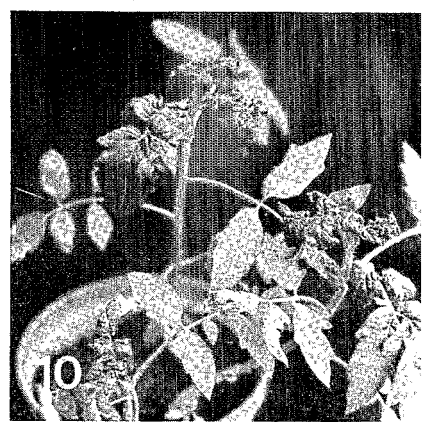
7



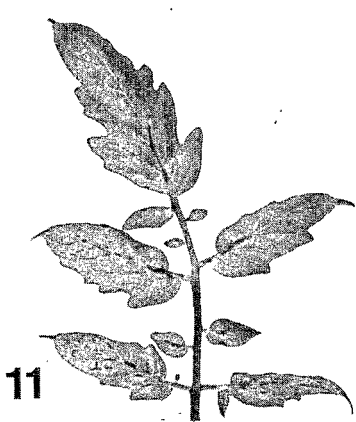
8



9



10



11

TABLEAU 1

Gammes d'hôtes du VMTom, du VMC, du PVMV et du viroïde

	VMTom phosphate M/100 pH 7,0	VMC borate 0,05 M pH 8,0	PVMV phosphate 0,1 M Na-bisulfite 1 p. 100 pH 7,8	Viroïde phosphate 0,1 M Na-bisulfite 1 p. 100 pH 7,8
<i>Beta vulgaris</i> « Detroit »	—	ma	—	—
<i>Capsicum frutescens</i> « California Wonder »	né	S	S	ma, gaufrage
<i>Chenopodium amaranticolor</i>	II chloro-nécrot	II nécrot	II chloro (20 °C)	0
<i>Chenopodium quinoa</i>	II nécrot	II chloro	—	0
<i>Cucumis melo</i> « Cantaloup Charentais »	—	mos, déf	—	—
<i>Cucumis sativus</i> « London », « Poinsett » « Straight Eight »	—	mos, déf	—	0
<i>Cucurbita maxima</i> « Early White Bush » « Golden Zucchini »	—	ma mos,	—	—
<i>Cucurbita pepo</i> « Cinderella »	—	mos	—	—
<i>Datura innoxia</i>	II nécrot-né	ma	S	ma
<i>Datura metel</i>	—	—	—	ma
<i>Nicotiana benthamiana</i>	mort	mos, enroulement des jeunes feuil- les	enroulement des feuilles gaufrage, mos	0
<i>N. bigelovii</i>	—	—	—	gaufrage, mos
<i>N. clevelandii</i>	mort	—	S	0
hybride <i>N. clevelandii</i> × <i>N. glutinosa</i>	mort	mos	—	—
<i>N. debneyi</i>	mos	—	—	0
<i>N. forgetiana</i>	—	—	—	rabougrissement ma
<i>N. glutinosa</i>	II nécrot-né	mos	S	II nécrot
<i>N. goodspeedii</i>	—	—	—	ma
<i>N. longiflora</i>	—	—	—	frisolée
<i>N. megalosiphon</i>	II nécrot-né	mos	S	jaunissement de nervures
<i>N. nudicaulis</i>	—	—	—	déf. sommet
<i>N. occidentalis</i>	—	—	—	mos
<i>N. repanda</i>	—	—	—	gaufrage, mos
<i>N. rustica</i>	II nécrot	mos	—	ma
<i>N. tabacum</i> Samsun	mos	S	—	0
<i>N. tabacum</i> Samsun NN	—	—	—	déf. sommet, ma
<i>N. tabacum</i> Xanthi nc	II nécrot	mos	II chloro	déf. sommet, mos
<i>N. tabacum</i> White Burley	mos	—	ringspot concen- triques	0
<i>Petunia hybrida</i>	—	mos	S	ma
<i>Phaseolus mungo</i> « aureus »	—	II nécrot	—	—
<i>Phaseolus vulgaris</i> « Contender »	0	—	—	—
<i>Physalis alkekengi</i>	0	mos	S	0
<i>Ph. curassavica</i>	—	—	—	mos
<i>Ph. floridana</i>	mos	—	S	II chlorot-mos
<i>Ph. philadelphica</i>	—	—	—	mos
<i>Ph. pubescens</i>	—	—	—	mos
<i>Solanum melongena</i> « Burpees Black Beauty »	mos	mos	0	—
<i>Tetragona expansa</i>	II nécrot	spotting S	—	—
<i>Vigna sinensis</i> « Black »	0	II nécrot	—	—
« Black syste »	0	mos	—	—
<i>Zea mays</i> CJB	0	mos	0	—
<i>Zinnia elegans</i>	—	mos	—	—

déf = déformation ; II = lésions locales ; ma = marbrure ; mos = mosaïque ; né = nécrose ; S = systémique
— = non testé ; 0 = non transmis.

c) Après inoculation mécanique avec un extrait de tomates atteintes de PVMV, le cv. « Heinz 1350 » présente une mosaïque internervaire jaune et une déformation des jeunes feuilles qui s'enroulent vers le haut (Pl. 2, fig. 8). Chez le cv. « Heinz 1370 », les feuilles restent très petites et chlorotiques. Les symptômes obtenus par inoculation mécanique de *Capsicum* (tabl. 1) sont typiques et semblables à ceux que l'on observe sur les piments infectés naturellement par le PVMV en champ. *N. tabacum* « White Burley » est un autre hôte caractéristique sur lequel on note la formation de taches annulaires nécrotiques (Pl. 2, fig. 9).

d) Les cv. « Heinz 1350 », de « Marmande Claudia » et « Moneymaker » inoculés avec un extrait de tomate atteinte de la maladie du Rabougrissement apical, montrent les symptômes suivants : après 10 à 12 jours, les folioles se gaufrant et s'enroulent vers le bas (Pl. 2, fig. 10) ; les feuilles sont en épinastie ; des nécroses apparaissent le long des nervures principales et secondaires (Pl. 2, fig. 11) ; plus tard, la plante prend un aspect rabougri, buissonneux et ramassé ; les folioles du sommet restent très petits, jaunissent et se recourbent parfois vers le haut en forme de cuillère en prenant une coloration violette. Cette maladie, dont les symptômes sont très comparables à ceux du « bunchy top » (Smith, 1957), a été transmise à une large gamme d'hôtes essentiellement de la famille des Solanacées (tabl. 1).

e) La Maladie jaune n'a pu être transmise que par greffe de Tomate à Tomate. Tous les essais de transmission mécanique, par le sol ou par la graine sont restés sans succès.

3. — Propriétés biologiques

Les propriétés biologiques du VMTom, du VMC, du PVMV et de l'agent de la maladie du Rabougrissement apical sont rassemblées dans le tableau 2 (A, B et C).

4. — Purifications

a) VMTom, VMC, PVMV.

Les rendements de purification et les caractéristiques du spectre d'absorption en U.V. des virus purifiés sont donnés dans le tableau 2 (D et E).

b) Rabougrissement apical.

Des fractions de gradients de saccharose et de gels de polyacrylamide se sont révélées infectieuses par inoculation mécanique de *L. esculentum* et *N. glutinosa*. Après centrifugation pendant 24 h à 82 000 g à travers le gradient de saccharose, ces fractions se trouvent dans la moitié supérieure du gradient. Sur les gels de polyacrylamide, elles se situent au même niveau que le colorant (Bleu de Bromophénol).

5. — Sérologie

Des antisérums de titres 1/2048 pour le VMTom, 1/1024 pour le VMC, 1/2048 pour le PVMV ont été obtenus.

Le VMTom réagit avec des dilutions plus faibles d'un antisérum préparé contre une souche « tomate » (souche IV de Mc Ritchie et Alexander, 1963) qu'avec un antisérum préparé contre la souche commune verte du VMT (Augier de Montgrémier).

TABLEAU 2

Propriétés biologiques (A, B, C), rendement de la purification (D) et caractéristiques du spectre d'absorption (E) du VMTom, du VMC, du PVMV et du viroïde

	VMTom	VMC	PVMV	Viroïde
A) Dilution limite	10 ⁻⁶	10 ⁻² -10 ⁻³	10 ⁻⁵ -10 ⁻⁶	tampon 0,005 M 1/5 tampon 0,5 M 10 ⁻⁴
B) Température d'inactivation	90-95 °C	48-49 °C	60-62 °C	tampon 0,5 M > 99 °C
C) Conservation	virus purifié (-20°) > 4 ans	extrait brut (-20°) 35 j (+ 4°) 8-10 j (+ 25°) 48 h	extrait brut (+ 25°) > 4 jours	
D) Rendement de la purification	700 mg/kg	200 mg/kg	10 mg/kg Tomate 20-40 mg/kg Tabac	
E) A_{\max}/A_{\min} A_{260}/A_{280}	1,10 1,20	1,37 1,64	1,02 1,22	

Les préparations de VMC réagissent avec un antisérum préparé contre la souche commune D (Devergne) mais ne réagissent pas avec un antisérum préparé contre le Virus de l'Aspermie de la Tomate (Devergne).

Le PVMV a été identifié par réaction avec l'antisérum préparé contre le PVMV-CI de *Capsicum frutescens* (de Wijs, 1973).

6. — Microscopie électronique

Les observations effectuées en microscopie électronique tant sur des extraits bruts de plantes malades (« dipping ») que sur les suspensions de virus purifiés montrent la présence de particules en forme de bâtonnets de 300 nm de longueur pour le VMTom, et de particules filamenteuses de 750 nm pour le PVMV.

L'observation des fractions de VMC purifié révèle la présence de particules sphériques d'environ 30 nm de diamètre.

Aucune particule n'a pu être observée tant dans les extraits bruts que dans les suspensions purifiées de l'agent responsable de la maladie du Rabougrissement apical.

IV. — Discussion

L'étude des symptômes, de la gamme d'hôtes et des propriétés biologiques, ainsi que la purification, l'observation en microscopie électronique et les réactions sérologiques nous ont permis d'identifier avec certitude trois virus infectant les tomates en Côte-d'Ivoire :

— un tobamovirus qui est relié sérologiquement au Virus de la Mosaïque de la Tomate.

De nombreux isolats obtenus à partir de tomates ont été considérés d'abord comme des souches du VMT (Hennig et Wittmann, 1972). L'étude détaillée des gammes d'hôtes, des propriétés biophysiques et sérologiques, et de la séquence de la protéine et de l'acide nucléique permet de les distinguer de la souche type du VMT. Ils ont été regroupés sous le nom de Virus de la Mosaïque de la Tomate (VMTom) et se rencontrent dans le monde entier (Hollings et Huttinga, 1976). La recherche d'autres plantes hôtes et la détermination de la composition en acides aminés de la protéine seront nécessaires pour préciser l'identité de notre souche ;

— un cucumovirus, le Virus de la Mosaïque du Concombre qui réagit avec les antisérums préparés contre la souche D. Les symptômes provoqués par le VMC sur la Tomate sont parfois semblables à ceux que provoquent certaines souches du VMT (Marrou et Duteil, 1974). Le VMC et le VMT peuvent aussi infecter simultanément la même culture (Nitzany et Sela, 1962). En Côte-d'Ivoire, le VMC infecte également Melon, Concombre, Courgette et Aubergine locale cv. « N'Drowa » dont 100 p. 100 des plants peuvent être virosés (Fauquet *et al.*, 1976), alors qu'il n'a jamais été trouvé sur l'Aubergine « violette » ;

— un potyvirus, le Pepper Veinal Mottle Virus, qui a été trouvé d'abord sur *Capsicum annuum* et *C. frutescens* au Ghana (Brunt et Kenten, 1971 et 1972), puis sur *L. esculentum* et *C. annuum* au Nigeria (Brunt, 1974 ; Lana *et al.* 1975), sur *C. annuum* et *C. frutescens* ainsi que *Datura metel* en Côte-d'Ivoire (de Wijs, 1973), sur *N. tabacum* et *Solanum nigrum* au Kenya, *Datura stramonium* en Afrique du Sud, *Solanum melongena* et *S. integrifolium* au Ghana (Brunt *et al.*, 1978). Ce virus transmis de manière non persistante par des pucerons (Brunt et Kenten, 1971 ; de Wijs, 1973 ; Lana *et al.*, 1975) semble plus répandu et plus important qu'il n'a été suggéré initialement (Brunt et Kenten, 1971). Les propriétés de notre isolat Tomate montrent qu'il est identique à la souche PVMV-Côte-d'Ivoire qui ne se distingue du PVMV-Ghana que par de très faibles différences dans la symptomatologie et la gamme d'hôtes (de Wijs, 1973).

La maladie caractérisée par le Rabougrissement apical et les nécroses des nervures est due probablement à un viroïde comme l'indique l'obtention de fractions infectieuses de gradient de saccharose et de gel de polyacrylamide correspondant à des acides nucléiques de faible poids moléculaire. Plusieurs viroïdes ont été décrits jusque-là sur la Tomate : le Potato Spindle Tuber Viroid provoque la maladie du « bunchy top » de la Tomate (Diener et Raymer, 1971 ; Semancik et Weathers, 1972). Un acide nucléique infectieux de faible poids moléculaire a été purifié à partir de tomates malades (Singh et Clark, 1971 ; Semancik et Weathers, 1972) dont les propriétés sont très semblables à celles de l'agent du « citrus exocortis » qui provoque les mêmes symptômes sur la Tomate (Singh et Clark, 1973 ; Semancik et Weathers, 1972). Des études plus détaillées devraient nous permettre de préciser l'identité du viroïde présent en Côte-d'Ivoire, où il a pu être introduit par les graines (Singh, 1970).

Les symptômes de la Maladie jaune avec Enroulement des feuilles, l'absence de sa transmission par inoculation mécanique, et la présence de nombreuses mouches blanches (*Bemisia* sp.) sur les plants malades laissent à penser qu'il s'agit d'une maladie de type jaunisse transmise par Aleurodes (Marchoux *et al.*, 1970 ; Costa, 1976). Plusieurs maladies de ce type ont été décrites sur la Tomate dans diverses parties du monde. Elles provoquent des chutes de rendement pouvant atteindre 60 à 80 p. 100

en Israël (Cohen et Harpaz, 1964), au Soudan (Yassin et Nour, 1965), en Inde (Verma *et al.*, 1975), et au Liban (Makkouk *et al.*, 1979).

D'après la littérature, des symptômes d'Enroulement des feuilles et de Mosaïque jaune peuvent être provoqués par trois virus différents sur la Tomate :

1) Le Virus du « Tobacco Leaf Curl » (Storey, 1935 ; Pal et Tandon, 1937). Des souches de ce virus sont responsables de la maladie du « Leaf Curl » de la Tomate en Inde (Vasudeva et Samraj, 1948 ; Varma, 1963 ; Narijani, 1968) et du « Tomato Top Leaf Curl » à Ceylan (Newton et Peiris, 1953 ; Fernando et Peiris, 1957). Au Soudan, deux virus différents qui provoquent le « Leaf Curl », l'un avec épaissement, l'autre sans épaissement des nervures, font partie du complexe des virus du « Tobacco Leaf Curl » (Yassin et Nour, 1965).

2) Le Virus du « Tomato Yellow Leaf Curl » ravage les cultures de tomates en Israël (Cohen et Harpaz, 1964 ; Nitzany, 1975), en Jordanie (Makkouk, 1978), au Liban (Makkouk *et al.*, 1979), et peut-être en Inde (Verma *et al.*, 1975). Comme la plupart des virus transmis par mouches blanches, ce virus n'a pas pu être transmis par inoculation mécanique (Cohen et Nitzany, 1966 ; Nitzany, 1975 ; Makkouk, 1978) ou n'a été transmis que difficilement (Makkouk *et al.*, 1979).

Des maladies comparables existent en Amérique du Sud : l'une des six maladies de la Tomate transmise par *Bemisia tabaci* au Brésil (Costa *et al.*, 1977) — appelée « Golden Mosaic » — est semblable au « Tomato Yellow Leaf Curl » d'Israël (Costa, 1976) ; elle est due à un virus gemini (Matyis *et al.*, 1975) transmissible par inoculation mécanique (Costa *et al.*, 1977). L'agent responsable d'une Mosaïque jaune de la Tomate au Venezuela (Debrot *et al.*, 1963) est aussi transmissible par inoculation mécanique (Uzategui et Lastra, 1978). Enfin, une maladie voisine a été décrite sous le nom de « Yellow Top » en Australie (Braithwaite et Blake, 1961) et en Amérique du Sud (Costa et Carvalho, 1961).

3) Le Virus du « Beet Curly Top », geminivirus transmis par cicadelles (Thomas et Mink, 1979), se manifeste sur la Tomate par des déformations, un enroulement et un jaunissement des feuilles appelés « Tomato Curly Top » (Costa, 1952), « Western Yellow Blight », « Tomato Yellows » (Smith, 1957), ou « Tomato Leaf Crinkle » (Sukhov et Vovk, 1947).

Les éléments dont nous disposons actuellement ne nous permettent pas de déterminer si l'agent provoquant la Maladie jaune en Côte-d'Ivoire est une souche du Virus du « Tobacco Leaf Curl », une souche du « Beet Curly Top » ou s'il s'agit du virus du « Tomato Yellow Leaf Curl ».

Les symptômes de la dernière maladie évoquée dans cette note — fort épaissement des tiges, enroulement des feuilles et déformation des extrémités — rappellent ceux de la maladie du « Big Bud » (Samuel *et al.*, 1933). Ce type de symptôme a été décrit dans le monde entier sous des noms très divers : « tomato fruit-woodiness » (Ryzhkov et Koratshevsky, 1933), « tomato virescense » (Hill, 1943), « tomato super-budding » (Costa, 1949), « tomato stolbur » (Michailowa, 1935), « mal azul » (Borges, 1969), « cranberry false blossom » (Smith, 1957), *Lycopersicon virus 5* (classification de Smith). Ces maladies sont toutes provoquées par un mycoplasme (Cousin *et al.*, 1968 ; Kitajima et Costa, 1968 ; Borges, 1969 ; Bowyer *et al.*, 1969 ; Marchoux *et al.*, 1969 ; Fedotina, 1973). Par les observations de microscopie, nous essayons de détecter la présence éventuelle de mycoplasmes dans les tomates atteintes.

Parmi les maladies d'origine virale ou supposée virale que nous venons de décrire, quatre provoquent des dégâts importants dans les cultures de tomates en Côte-d'Ivoire : les agents de trois d'entre elles sont des virus connus, le Virus de la Mosaïque de la Tomate, le Virus de la Mosaïque du Concombre et le « Pepper Veinal Mottle Virus » ; la quatrième est due à un virus probablement transmis par aleurodes. Les maladies du Rabougrissement apical et du Stolbur sont moins importantes d'un point de vue économique ; les agents responsables sont un viroïde d'une part, et probablement un mycoplasme, d'autre part.

Reçu pour publication le 23 mai 1980.

Accepté pour publication le 21 juillet 1980.

Remerciements

Nous remercions les Docteurs Augier de Montgrémier, Devergne, Maat, et de Wijs pour les dons d'antisérums et la SODEFEL (Société de Développement des Fruits et Légumes en Côte-d'Ivoire), pour sa collaboration technique.

Summary

A study on tomato viruses in the Ivory Coast

Some virus — or viruslike diseases occurring on tomatoes in the Ivory Coast are described. Four diseases have a real economic importance ; three are due to viruses identified by host range, biological properties, microscopic observations and serological reactions : tomato mosaic virus, cucumber mosaic virus, and pepper veinal mottle virus. Symptoms and transmission properties of the fourth disease lead to conclude that it is probably caused by a whitefly-transmitted virus related to the tobacco leaf curl —, or the tomato yellow leaf curl — ; or to the beet curly top virus. Two other diseases, one caused by a viroid, and the other probably by a mycoplasma are also described.

Références bibliographiques

- BAUDIN P., 1968. Présence du virus de la maladie bronzée de la Tomate (TSWV) à Madagascar. *Ann. Epiphyt.*, **19** (1), 63-73.
- BORGES M. de Lourdes, 1969. « Mal Azul », a tomato disease related with the presence of « Mycoplasma » sp. *Ann. Phytopathol.*, **1**, H.-S., 443.
- BOWYER J. W., AHERN G. A., TEAKLE D. S., 1969. Mycoplasma-like bodies in plants affected by legume little leaf, tomato big bud and lucerne witches' broom diseases. *Aust. J. biol. Sci.*, **22** (1), 271-274.
- BRAITHWAITE B. M., BLAKE C. D., 1961. Tomato Yellow-top Virus : its distribution, characteristics and transmission by the aphid *Macrosiphum euphorbiae* (Thom.). *Aust. J. agric. Res.*, **12**, 1110-1117.
- BRUNT A. A., 1974. Tropical crops. *Glasshouse Crops Res. Inst. annu. Rep. for 1973*, 120-121.
- BRUNT A. A., KENTEN R. H., 1971. Pepper Veinal Mottle Virus — a new member of the Potato Virus Y group from peppers (*Capsicum annum* L. and *Capsicum frutescens* L.) in Ghana. *Ann. appl. Biol.*, **69**, 235-243.
- BRUNT A. A., KENTEN R. H., 1972. Pepper Veinal Mottle Virus. *C.M.I./Descr. Plant Viruses*, N° 104.
- BRUNT A. A., KENTEN R. H., PHILLIPS S., 1978. Symptomatically distinct strains of pepper veinal mottle virus from four West African solanaceous crops. *Ann. appl. Biol.*, **88** (1), 115-119.
- COHEN S., HARPAZ I., 1964. Periodic, rather than continual acquisition of a new tomato virus by its vector, the tobacco whitefly (*Bemisia tabaci* Gennadius). *Entomol. exp. appl.*, **7**, 155-166.
- COHEN S., NITZANY F. E., 1966. Transmission and host range of the tomato yellow leaf curl virus. *Phytopathology*, **56**, 1127-1131.
- COSTA A. S., 1949. Duas novas moléstias de virus do tomateiro em São Paulo. *Biologico*, **15** (4), 79-81.
- COSTA A. S., 1952. Further studies on tomato curly top in Brazil. *Phytopathology*, **42** (7), 396-403.

- COSTA A. S., 1976. Whitefly-transmitted plant diseases. *Annu. Rev. Phytopathol.*, **14**, 429-449.
- COSTA A. S., CARVALHO A. M. B., 1961. Studies on Tomato Yellow top. *Arq. Inst. biol.*, S. Paulo, **38**, 71-83.
- COSTA A. S., OLIVEIRA A. R., SILVA D. M., 1977. Transmissão mecânica do agente causal do mosaico dourado do tomateiro. *Summa phytopathol.*, **3**, 194-200.
- COUSIN M. T., MAILLET P. L., GOURRET J. P., GRISON C., STARON T., 1968. Présence de particules de type « Mycoplasme » dans le phloème de plantes infectées par trois maladies de type « jaunisse européenne », le Stolbur de la Tomate, l'Aster yellow du Glaïeul, la Phyllodie du Trèfle. Etudes cytologique et structurale. Premiers essais de lutte chimique. *C. R. Acad. Agric. Fr.*, **11**, 887-895.
- DEBROT C. E., HEROLD F., DAO F., 1963. Nota preliminar sobre un « mosaico amarillento » del tomate en Venezuela. *Agron. trop. Maracay*, **XIII** (1), 33-41.
- DIENER T. O., RAYMER W. B., 1971. Potato spindle tuber « virus ». *C.M.I./Descr. Plant Viruses* N° **66**.
- FAUQUET C., de WIJS J. J., DUBERN J., GIVORD L., THOUVENEL J. C., 1976. Maladies d'origine virale des plantes cultivées en zone tropicale étudiées à l'ORSTOM. *Initiations Doc. tech.*, ORSTOM, N° **31**, 26 p., Paris.
- FAUQUET C., THOUVENEL J. C. et LAMY D., 1978. Cartographie des viroses des plantes maraichères en Côte-d'Ivoire. *Com. Tech. Fruits et Légumes*, 2 févr. 78, 76-81.
- FEDOTINA V. L., 1973. Mycoplasma-like organisms from stolbur-infected tomatoes. *Arch. Phytopathol. Pflanzensch.*, **9** (5), 273-279.
- FERNANDO H. E., PEIRIS J. W. L., 1957. Investigations on the Chili leaf curl complex and its control. *Trop. Agric.*, **113**, 905-923.
- GOODING G. V. Jr., HEBERT T. T., 1967. A simple method for purification of tobacco mosaic virus in large quantities. *Phytopathology*, **57**, 1285.
- HENNIG B., WITTMANN H. G., 1972. Tobacco Mosaic Virus : mutants and strains. In: KADO C. J., AGRAVAL H. O. *Principles and techniques in Plant Virology*, chap. 20, 546-594, Van Nostrand Reinhold Co, New York, Cincinnati, Toronto, London, Melbourne.
- HILL A. V., 1943. Insect transmission and host plants of virescence (big bud of tomato). *J. CSIRO*, **16** (2), 85-90.
- HOLLINGS M., HUTTINGA H., 1976. Tomato Mosaic Virus. *C.M.I./Descr. Plant Viruses*, N° **156**.
- KITAJIMA E. W., COSTA A. S., 1968. Mycoplasma like structures in the phloem of tomato plants affected with Brazilian big bud. *Bragantia*, **27** (2), 47-49.
- LADIPO J. L., 1976. Effect of bunchy-top on the performance of two greenhouse grown tomatoes. *Niger. J. Plant. Prot.*, **2**, 19-22.
- LADIPO J. L., 1977. A yellow-vein viruslike disease of tomato in Nigeria. *Plant Dis. Rep.*, **61** (11), 958-960.
- LADIPO J. L., ROBERTS I. M., 1977. Pepper Veinal Mottle Virus associated with a streak disease of tomato in Nigeria. *Ann. appl. Biol.*, **87**, 133-138.
- LANA A. F., ADEGBOLA M. O. K., 1977. Important virus diseases in Western African crops. *Rev. Plant Pathol.*, **56** (10), 849-868.
- LANA A. F., GILMER R. M., WILSON G. F., SHOYINKA S. A., 1975. An unusual new virus, possibly of the Potyvirus group, from pepper in Nigeria. *Phytopathology*, **65**, 1329-1332.
- LANA A. F., WILSON G. F., 1976. A new viruslike disease of tomato in Nigeria. *Plant Dis. Rep.*, **60** (4), 296-298.
- MAKKOUK K. M., 1978. A study on tomato viruses in the Jordan Valley with special emphasis on tomato yellow leaf curl. *Plant Dis. Rep.*, **62** (3), 259-262.
- MAKKOUK K. M., SHEHAB S., MAJDALANI S. E., 1979. Tomato Yellow Leaf Curl : incidence, yield losses and transmission in Lebanon. *Phytopathol. Z.*, **96**, 263-267.
- MARCHOUX G., GIANNOTTI J., L'ATERROT H., 1969. Le Stolbur P., une nouvelle maladie de type jaunisse chez la Tomate. Symptômes et examen cytologique des tissus au microscope électronique. *Ann. Phytopathol.*, **1** (4), 633-640.
- MARCHOUX G., LECLANT F., MATHAI P. J., 1970. Maladies de type jaunisse et maladies voisines affectant principalement les Solanacées et transmises par des insectes. *Ann. Phytopathol.*, **2** (4), 735-773.
- MARROU J., DUTEIL M., 1974. Tomato necrosis. I. — Reproduction of the typical symptoms through mechanical inoculation of several strains of cucumber mosaic virus (CMV). *Ann. Phytopathol.*, **6** (2), 155-172.
- MATYIS J. C., SILVA D. M., OLIVEIRA A. R., COSTA A. S., 1975. Purificação e morfologia do vírus do mosaico dourado do tomateiro. *Summa Phytopathol.*, **1**, 267-274.
- MICHAÏLOVA P. V., 1935. Pathologico-anatomical changes in the tomato incident to development of woodiness of the fruit. *Phytopathology*, **25**, 539-558.
- NARIANI T. K., 1968. Enation leaf curl of tomato. *Plant Dis. Rep.*, **52** (8), 595-596.
- NEWTON W., PEIRIS J. W. L., 1953. Virus diseases of plants in Ceylan. *FAO. Prod. veg. Prot. Plant.*, **2**, 17-21.

- NITZANY F. E., 1975. Tomato Yellow Leaf Curl Virus. *Phytopathol. mediterr.*, **XIV** (2-3), 127-129.
- NITZANY F. E., SELA I., 1962. Interference between cucumber mosaic virus and tobacco mosaic virus on different hosts. *Virology*, **17**, 549-553.
- OUCHTERLONY Ö., 1962. Diffusion in gel methods for immunological analysis. II. — *Progr. Allergy*, **6**, 30-154.
- PAL B. F., TANDON R. N., 1937. Types of tobacco leaf curl in northern India. *India J. agric. Sci.*, **7**, 363-393.
- PEACOCK A. C., DINGMAN C. W., 1968. Molecular weight estimation and separation of ribonucleic acid by electrophoresis in agarose-acrylamide composite gels. *Biochemistry*, **7** (2), 668-674.
- RANDLES J. W., 1975. Association of two ribonucleic acid species with cadang-cadang disease of coconut palm. *Phytopathology*, **65**, 163-167.
- RITCHIE J. J. Mc, ALEXANDER L. J., 1963. Host specific *Lycopersicon* strains of Tobacco Mosaic Virus. *Phytopathology*, **53**, 394-398.
- RYZHOV V. L., KORATSCHEVSKY M. P., 1933. Über die Fruchtverholzung bei Tomaten. *Z. Pflanzenkrankh. Pflanzenschutz*, **43**, 496-498.
- SAMUEL G., BALD J. G., EARDLEY C. M., 1933. Big bud, a virus disease of tomato. *Phytopathology*, **23**, 641-653.
- SCOTT H., 1963. Purification of cucumber mosaic virus. *Virology*, **20**, 103-106.
- SEMANCIK J. S., WEATHERS L. G., 1972. Pathogenic 10 S RNA from Exocortis disease recovered from tomato bunchy-top plants similar to potato spindle tuber virus infection. *Virology*, **49**, 622-625.
- SINGH R. P., 1970. Seed transmission of potato spindle tuber virus in tomato and potato. *Am. Potato J.*, **47** (6), 225-227.
- SINGH R. P., CLARK M. C., 1971. Infectious low-molecular weight ribonucleic acid from tomato. *Biochem. biophys. Res. Commun.*, **44** (5), 1077-1083.
- SINGH R. P., CLARK M. C., 1973. Similarity of host response to both potato spindle tuber and citrus exocortis viruses. *FAO. Prod. veg. Prot. Plant.*, **21** (6), 121-125.
- SLOGTEREN D. H. M. Van, 1954. Serological micro-reactions with plant viruses under paraffin oil. *Proc. 2nd Conf. on Potato Virus Dis.*, Lisse-Wageningen, 25-29 June 1954.
- SMITH K. M., 1957. A textbook of plant virus diseases. 652 p., 2nd ed., Churchill, London.
- SUKHOV K. S., VOVK A. M., 1947. New virus diseases of the tomato crinkles and its leafhopper vector *Agallia venosa* Fall. *Akad. Nauk Azerbajdzhanskoj SSR, Tr. Sekt. Erozi*, **56** (4), 433-435.
- STOREY H. H., 1935. Virus diseases of east african plants. II. — Leaf curl disease of tobacco. *East afr. agric. J.*, **8**, 148-153.
- THOMAS P. E., MINK G. I., 1979. Beet curly top virus. *C.M.I. Descr. Plant Viruses*, N° **210**.
- THOUVENEL J. C., FAUQUET C., 1976. Les viroses des plantes maraichères au Sénégal. *Rapp. multigr.*, ORSTOM, 12 p.
- THOUVENEL J. C., GIVORD L., PFEIFFER P., 1976. Guinea Grass Mosaic Virus, a new member of the Potato Virus Y group. *Phytopathology*, **65**, 163-167.
- UZCATEGUI R. C. de, LASTRA R., 1978. Transmission and physical properties of the causal agent of Mosaico Amarillo del Tomato (Tomato Yellow Mosaic). *Phytopathology*, **68**, 985-988.
- VARMA P. M., 1963. Transmission of plant viruses by whiteflies. *Bull. natl. Inst. Sci. India*, **24**, 11-33.
- VASUDEVA R. S., SAMRAJ J., 1948. A leaf curl disease of tomato. *Phytopathology*, **38**, 364-369.
- VERMA H. N., SRIVASTAVA M. K., MATHUR A. K., 1975. A whitefly-transmitted Yellow Mosaic Virus disease of Tomato from India. *Plant Dis. Rep.*, **59** (6), 494-498.
- WIJS J. J. de, 1973. Pepper Veinal Mottle Virus in Ivory Coast. *Neth. J. Plant. Pathol.*, **79**, 189-193.
- YASSIN A. M., NOUR M. A., 1965. Tomato leaf curl diseases in the Sudan and their relation to tobacco leaf curl. *Ann. appl. Biol.*, **56**, 207-217.