

Contribution à l'étude de la Gommose à *Phytophthora* des agrumes au Maroc.

A. VANDERWEYEN*

CONTRIBUTION A L'ETUDE DE LA GOMMOSE A PHYTOPHTHORA DES AGRUMES AU MAROC

Première partie - Introduction et but de l'étude

A. VANDERWEYEN

Fruits, Jan. 1983, vol. 38, n° 1, p. 43-54.

RESUME - L'agrumiculture représente un secteur très important de la production agricole marocaine. Afin d'obtenir des fruits de qualité homogène et constante, les Citrus sont multipliés par greffage et le sujet porte-greffe doit présenter des caractères bien définis, tant au point de vue cultural (bonne productivité, influence favorable sur la qualité des fruits, adaptation au sol et au climat, etc.) qu'au point de vue de son comportement vis-à-vis de certains parasites.

Le sujet utilisé couramment de nos jours est le Bigaradier, dont les qualités agronomiques sont bien connues et qui est suffisamment

résistant à la Gommose à *Phytophthora*, maladie répandue dans tout le Bassin méditerranéen. Comme son nom l'indique, cette affection se caractérise par une exsudation de gomme et par la nécrose de l'écorce, principalement à la base du tronc. Au Maroc *P. citrophthora* (SM. et SM.) LEON. et *P. nicotianae* BR. DE H. var. *parasitica* (DASTUR) WATERHOUSE sont les responsables de la maladie.

Malheureusement, la plupart des combinaisons de variétés d'agrumes ayant le Bigaradier comme porte-greffe sont sensibles à une virose, la Tristeza, qui a anéanti des millions d'arbres en Amérique du Sud et qui, actuellement, ravage les orangeries espagnoles. Bien que cette affection ne soit pas répandue au Maroc, son extension dans un pays voisin impose la recherche et l'utilisation d'autres porte-greffe alliant la tolérance à cette virose à la résistance à la Gommose.

L'objet du présent travail a été, par la mise en présence de nombreuses espèces et variétés d'agrumes et de divers isolats de *Phytophthora* provenant de vergers marocains, de déterminer quelles sont les variétés présentant une certaine résistance et pouvant être utilisées comme porte-greffe.

Ce travail réalisé par M. VANDERWEYEN a été présenté à l'Université de Nancy en avril 1982 pour l'obtention du diplôme de Docteur-Ingénieur.

*Les résultats qu'il présente sont très importants car aucune étude synthétique n'avait été réalisée auparavant sur les aspects spécifiquement marocains de cette maladie. De plus, la Gommose à *Phytophthora* des agrumes est, et demeure, l'une des maladies les plus graves de cette culture. Toutes connaissances nouvelles doivent être accueillies favorablement car elles contribuent à résoudre ce grave problème en évolution continue.*

Nous sommes donc particulièrement heureux d'accueillir dans notre revue un travail aussi complet et aussi rigoureux.

Service de Phytopathologie

E. LAVILLE

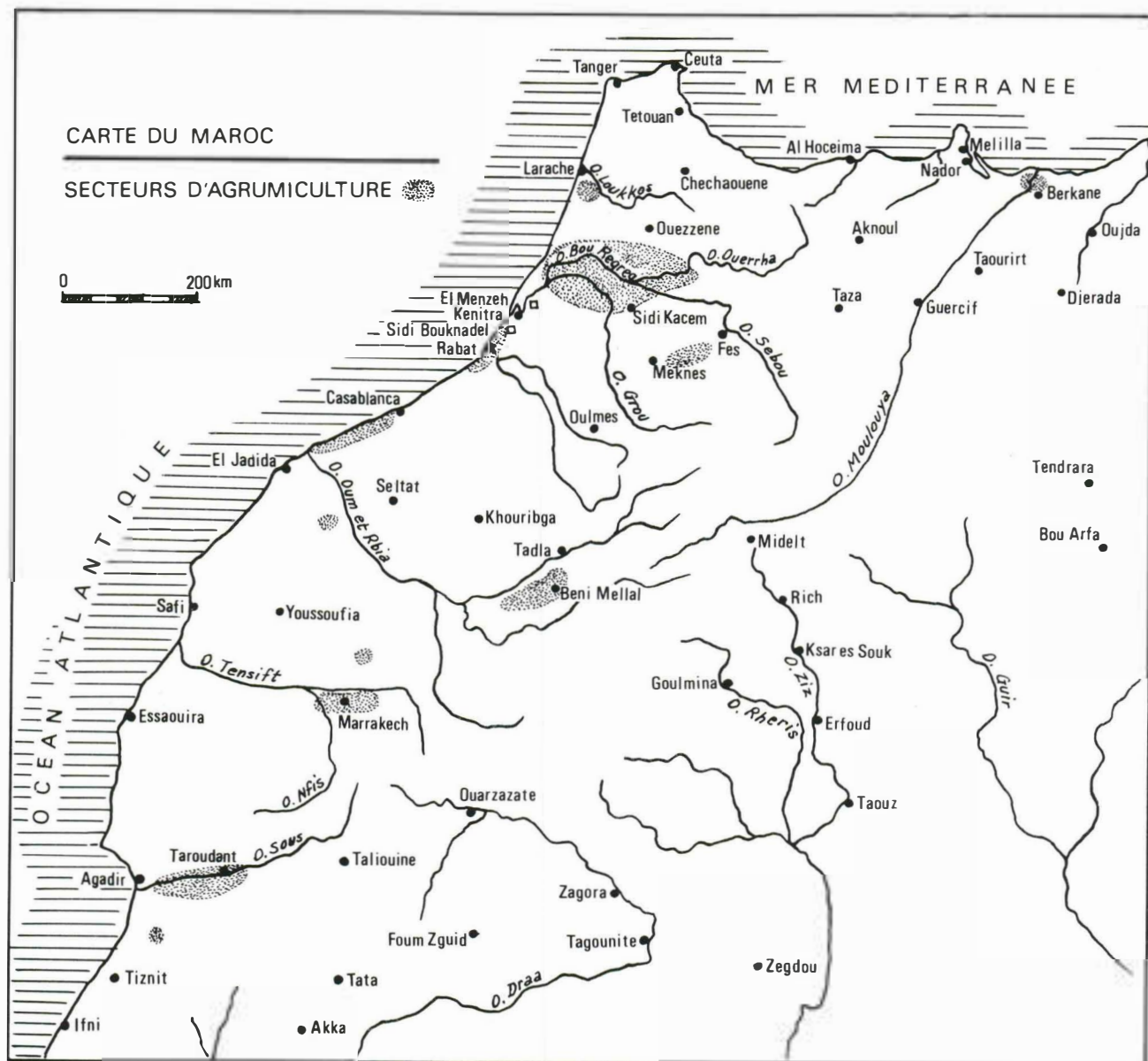
INTRODUCTION

Le terme «agrumes» est un nom commun masculin, employé toujours au pluriel et désignant les fruits des arbres appartenant au genre *Citrus* : citrons, oranges, mandarines, bergamotes, pomélos, etc. Selon certains auteurs, on peut y ajouter les kumquats (genre *Fortunella*), comestibles, et

même les *Poncirus* lesquels ne donnent pas de fruits comestibles, mais peuvent s'hybrider avec les *Citrus* et être utilisés comme porte-greffe des espèces cultivées.

Au sens le plus large, on pourrait même admettre que les agrumes comprennent six genres : *Fortunella*, *Eremocitrus*, *Poncirus*, *Clymenia*, *Microcitrus* et *Citrus*, produisant tous des «hespérides», fruits du type de l'orange ou du citron, contenant une pulpe constituée de vésicules spécialisées, plus ou moins fusiformes et pédicellées ou à base contractée, remplissant tout l'espace intercarpellaire non occupé par

* - 9, avenue Cardinal Micara - B-1160 BRUXELLES



les semences. Les fleurs de ces genres ont des étamines en nombre au moins quadruple des pétales (SWINGLE, revu par REECE, 1967). Cette définition botanique recouvre en fait de nombreuses espèces dont les fruits ne sont pas comestibles et que les horticulteurs ne considèrent généralement pas comme des agrumes.

C'est par extension que le terme s'applique également aux arbres qui portent les fruits de ce groupe. L'on parle de «Gommose des agrumes», alors qu'il s'agit d'une maladie des racines et du tronc et non des fruits. Les champignons qui provoquent cette affection occasionnent également une pourriture des fruits, mais cette dernière maladie n'entre pas dans le cadre du présent travail.

Place des agrumes dans l'économie marocaine.

La culture des agrumes est pratiquée dans dix régions : le Loukos, le Gharb, l'Ouergha, les régions de Fès et de Meknès, la Basse-Moulouya, la zone côtière entre Kénitra et Azemmour, le Tadla, le Haouz, le Sous.

L'agrumiculture est en voie de déclin, dans les régions de Fès et de Meknès. Par contre, la Basse-Moulouya et le Sous sont en plein essor et l'on effectue des plantations expérimentales dans la région des Abda-Doukkala, au sud d'El

Jadida, ainsi que dans la zone irriguée par le barrage de l'Oued Massa, au sud d'Agadir. Un grand verger a été créé dans une zone pratiquement désertique, au nord de Marrakech, près de Benguérir, grâce à l'exploitation d'une nappe d'eau souterraine.

Chacune de ces régions est caractérisée par un ou plusieurs types de sol et par un climat particulier, qui la rendent plus spécialement favorable à l'une ou l'autre des espèces cultivées, créant ainsi une répartition régionale, sur laquelle nous ne pouvons nous étendre ici.

Les principaux agrumes cultivés sont la Clémentine (34,16 p. 100 de la superficie plantée) et les Orangers 'Valencia' (28,36 p. 100), 'Washington' (20,77 p. 100) et 'Doublefine améliorée' (5,53 p. 100). Aucune des autres espèces et variétés n'atteint 2 p. 100 de la superficie (Anonyme, 1978 b).

Vingt-cinq pour cent de la superficie sont constitués de 108 vergers de plus de 100 ha ; 22 p. 100 sont occupés par 212 vergers de 50 à 100 ha. On dénombre au total 11.319 vergers, dont 5.878 de moins de 1 ha.

Une enquête réalisée au niveau national, en novembre et décembre 1976, a montré que, pour les principales variétés,

le rendement moyen était de 11,06 tonnes métriques de fruits par hectare (Anonyme, 1978 b).

Le secteur agrumicole doit faire face à de nombreuses difficultés dues - soit à des facteurs structurels : insuffisance et inorganisation de la production de plants, faible niveau de technicité des producteurs, âge des vergers, inadaptation des variétés aux régions.

- soit à des facteurs conjoncturels : écarts de température, irrégularité des précipitations, maladies (dont la Gombose, présente dans toutes les régions) et animaux nuisibles, ces facteurs conjoncturels s'alliant aux précédents pour réduire la productivité,

- soit enfin à des facteurs d'ordre commercial : mauvais écoulement de la production, concurrence vive des autres pays producteurs, etc.

S'il faut en croire les dernières statistiques générales en notre possession (Anonyme 1978 b), résultant d'une enquête menée en 1976, il y aurait au Maroc 19.137.763 *Citrus* plantés, répartis sur 67.428,51 hectares, à raison de 269 arbres à l'hectare. Il est vraisemblable que la superficie réelle dépasse les 70.000 hectares. Les tableaux 1 et 2 donnent une idée de l'évolution des surfaces plantées et de la production totale, à partir de 1934.

TABLEAU 1 - Evolution de la superficie cultivée en agrumes et de la production de l'année agricole 1933-1934 à l'année 1957-1958.

Année	Superficie en hectares	Production en tonnes métriques
1933-1934	3.890	14.000
1934-1935	4.650	17.500
1935-1936	5.550	20.000
1936-1937	6.695	25.000
1937-1938	7.730	30.000
1938-1939	10.850	35.000
1939-1940	12.415	40.000
1940-1941	14.185	45.000
1941-1942	16.080	43.000
1942-1943	16.590	53.000
1943-1944	17.510	67.000
1944-1945	17.880	70.200
1945-1946	19.845	75.500
1946-1947	20.475	80.000
1947-1948	22.160	117.900
1948-1949	23.785	130.000
1949-1950	25.605	155.000
1950-1951	27.785	183.000
1951-1952	31.904	184.000
1952-1953	34.742	222.000
1953-1954	37.775	185.000
1954-1955	41.946	209.000
1955-1956	44.000	237.400
1956-1957	46.280	289.900
1957-1958	48.708	338.000

Source : J. LE COZ (1960). Il n'est pas tenu compte dans ce tableau, de la production en provenance de la zone sous protectorat espagnol.

TABLEAU 2 - Evolution de la superficie cultivée en agrumes et de la production à partir de l'année agricole 1958-1959

année	superficie en hectares	production en tonnes métriques
1958-1959	48.300	390.000
1959-1960	50.300	425.000
1960-1961	51.600	472.000
1961-1962	53.700	468.000
1962-1963	54.800	484.745
1963-1964	55.200	590.390
1964-1965	56.100	530.000
1965-1966	56.400	641.000
1966-1967	57.600	678.700
1967-1968	59.269	730.400
1968-1969	61.250	726.526
1969-1970	63.400	887.224
1970-1971	64.000	895.000
1971-1972	66.000	836.000
1972-1973	74.226	1.012.000
1973-1974	74.000	800.000
1974-1975	67.900	577.000
1975-1976	72.700	670.000
1976-1977	68.400	800.000
1977-1978	71.000	1.070.000
1978-1979	70.000	860.000
1979-1980	71.449	1.073.000

Sources : jusqu'à l'année 1969-1970, A. BERTIN (1970).

de 1970-1971 à 1974-1975, E.B. NADOR (1976).

de 1975-1976 à 1979-1980, renseignements fournis par le périodique Maroc-Fruits n° 518 (1977), n° 530 (1978), n° 543 (1979), n° 546 (1979) et n° 576 (1981).

Les fluctuations constatées dans les superficies proviennent d'opérations d'arrachage et de replantation.

La plus grande partie de cette production (543.000 tonnes sur 860.000 tonnes, soit 63 p. 100 en 1978-79) est exportée sous forme de fruits frais, essentiellement vers l'Europe occidentale et accessoirement vers les pays de l'Est. Dans la balance commerciale du Maroc, ce poste intervient pour un milliard de dirhams (campagne 1977-78), soit environ 10 p. 100 en valeur des exportations et 25 p. 100 de la valeur des exportations agricoles.

Description succincte de la culture.

L'arbre.

Les *Citrus* appartiennent à la famille des Rutacées. Ce sont des arbres à fleurs hermaphrodites et à fécondation croisée. Les graines issues de fécondation libre ne peuvent donc servir à la multiplication de la variété cultivée, dont les fruits doivent être strictement homogènes.

C'est pourquoi les agrumes sont propagés par greffage, afin de maintenir toutes les qualités des clones appréciés sur les marchés.

Cependant, certaines espèces de *Citrus* présentent le phénomène d'embryonie nucellaire, au cours duquel des

embryons se forment asexuellement, par division mitotique des cellules du nucelle. Aucune cellule mâle n'intervient et il ne se produit aucune division réductionnelle. Par conséquent, les jeunes plants issus d'embryons nucellaires ne proviennent que de la variété qui a fourni la semence et lui sont génétiquement identiques (FROST et SOOST, 1968). Les seules différences pourraient provenir de variations somatiques, d'ailleurs fréquentes chez les *Citrus*. Dans la même semence peuvent donc voisiner un embryon zygotique et un ou plusieurs nucellaires.

A la germination, il faut séparer les plants nucellaires des zygotiques et ensuite les caractères des fruits doivent être vérifiés, après plusieurs années de culture. Cette technique ne permet donc pas une multiplication rapide et abondante. Elle est réservée à la création de jeunes lignées, éventuellement indemnes de maladies virales - ces dernières ne se transmettant que dans de rares cas par la semence -, et qui seront ultérieurement multipliées par greffage.

La propagation par greffage reste donc indispensable dans la culture des agrumes. Elle l'est d'ailleurs à plus d'un titre, car la variété cultivée est généralement sensible à la Gommose à *Phytophthora*. Seul le greffage sur un sujet résistant lui permettra de ne pas succomber à cette maladie, sans

qu'il soit nécessaire d'avoir recours à d'onéreux traitements fongicides.

Le porte-greffe ou sujet est le jeune arbre issu de semis, sur lequel est entée l'espèce ou la variété dont on attend une production de fruits. Une des qualités recherchées d'un bon porte-greffe sera de donner des semences contenant une forte proportion d'embryons nucellaires, conservant ainsi les caractères (de résistance, par exemple) du pied-mère.

Le choix du sujet dépendra également de ses caractéristiques agronomiques (bonne adaptation au sol et au climat, croissance rapide, productivité, etc.) et de son influence sur les qualités organoleptiques des fruits de la variété qu'il va porter. L'acidité et le taux de sucre du jus sont les deux principaux facteurs qui déterminent la maturité des fruits et l'époque optimale de la cueillette. Ils influencent aussi la qualité du jus. Pour un même rapport entre l'extrait sec et l'acidité, les meilleurs fruits auront un taux élevé de chacun de ces deux facteurs, ce taux étant variable selon la nature du porte-greffe, ainsi d'ailleurs que le pourcentage de jus du fruit. La connaissance de ces divers caractères est indispensable dans le choix judicieux d'un porte-greffe.

Un oeil de la variété à cultiver est greffé, en pépinière, sur un jeune plant du sujet et on ne laisse se développer que la pousse, ou scion, de la variété. Après un an environ de croissance en pépinière, les plants sont mis en place dans le verger. L'écartement adopté, jusqu'à ces dernières années, était de 7 m sur 7 m, correspondant à une densité de 204 arbres à l'hectare. La tendance actuelle est aux plantations plus serrées.

Dans les premières années de leur développement, les arbres subissent une taille de formation destinée à leur donner une charpente équilibrée. Plus tard, et à l'exception du Clémentinier, dont la taille est une opération fondée sur des critères bien déterminés, on ne pratique guère d'interventions sur les arbres en cours de culture, si ce n'est l'élagage du bois mort. Les blessures résultant d'une taille peu soignée constituent fréquemment une porte d'entrée pour divers parasites. Pour être complet, signalons qu'en Amérique du Nord, dans le cadre d'une agriculture beaucoup plus mécanisée, la taille des arbres adultes, à l'aide de grosses machines, est d'usage courant.

Le sol et la fumure.

Les sols convenant aux agrumes sont profonds (au moins 90 cm à 1 m), de texture moyenne (limono-sableux ou argilo-sableux), bien drainés, perméables et à pH neutre ou légèrement acide. Les terres lourdes, compactes, mal drainées, les sols insuffisamment profonds, à trop forte pente, trop caillouteux, riches en calcaire actif ou chlorurés sont à rejeter (TECOURT, 1976).

Au Maroc, les agrumes sont cultivés sur une grande variété de sols, allant du sable dunaire presque pur aux terrains souvent trop argileux de la plaine du Gharb. Dans certains types de sol, l'existence de poches d'argile imperméable provoque une stagnation des eaux de pluie, pouvant donner naissance à une mare temporaire (daya) ou se traduire par

des conditions asphyxiques qui vont limiter le développement du système racinaire.

Ainsi que dans toute culture, on apporte régulièrement une fumure qui comporte les trois principaux éléments : azote, phosphore et potassium, auxquels on ajoute des oligo-éléments, si nécessaire. Des expériences menées dans diverses zones de production et visant à la détermination de la dose optimale d'azote n'ont présenté de différences significatives qu'au bout de six à huit années d'application, ce qui semble indiquer que les vergers expérimentaux possédaient une réserve provenant d'applications antérieures. Il est donc vraisemblable que les doses habituellement utilisées sont amplement suffisantes (par arbre et par an :

azote pur	1.000 à 1.500 g
P ₂ O ₅	250 à 500 g
K ₂ O	800 à 1.000 g).

Le climat et l'irrigation.

Le Maroc se trouve au sud du 36^e parallèle nord, à l'extrémité nord-ouest de la puissante masse continentale africaine et sur la face orientale de l'océan Atlantique. Le pays a un relief accusé, puisque de nombreux massifs de la chaîne atlasique ont une altitude moyenne nettement supérieure à 3.000 mètres.

Les conditions météorologiques sont donc très diverses, suivant la position géographique des points de mesure et il n'est pas rare d'être obligé de considérer un même mois comme étant très pluvieux sur une partie du pays et très sec sur le reste du Maroc.

La situation géographique locale et les reliefs délimitent des zones climatiques très différenciées, offrant ainsi au visiteur un pays de forts contrastes où se côtoient, par exemple, les régions présahariennes au climat semi-aride et les massifs enneigés du Haut-Atlas, les zones du Nord-est au climat méditerranéen relativement sec et le Rif où les précipitations dépassent souvent un mètre d'eau par an, ou encore le littoral atlantique où les températures sont clémentes et les plaines occidentales de l'intérieur où il gèle assez souvent l'hiver et où la température dépasse souvent 40°C l'été (CALVET et LEGOFF, 1977).

Le climat marocain, de type méditerranéen, est caractérisé par un hiver froid et humide et un été chaud et sec. Certaines années, les décharges d'air polaire maritime venant du nord-ouest sont presque inexistantes. Les pluies peuvent débuter avec de nombreux mois de retard. Elles peuvent aussi apparaître en octobre, puis ne reprendre, par exemple, qu'en février. D'autres années, elles s'étalent dans le temps relativement régulièrement, de novembre à juin, mais cela ne veut pas dire que les quantités recueillies soient importantes et uniformément réparties. Ce sont cependant les précipitations de la saison hivernale qui procurent l'essentiel de l'eau dont a besoin le Maroc. Mais le caractère de ces précipitations reste toujours très aléatoire (CALVET et LEGOFF, 1977).

Le tableau 3 fournit quelques indications sur les zones de culture des agrumes, basées en partie sur la carte des étages

TABLEAU 3 - Climat des principales zones de culture des agrumes.

Localités	précipitations annuelles en mm	Q *	étages bioclimatiques selon EMBERGER
Nemsa (région de Larache)	700 - 800	80 - 90	subhumide à hiver frais
Rabat	500 - 600	80 - 90	subhumide à hiver chaud
Mechra-Bel-Ksiri (Gharb)	600 - 700	70 - 80	semi-aride à hiver tempéré
Sidi-Slimane (Gharb)	500 - 600	40 - 50	idem
Azemmour	400 - 500	50 - 60	idem
Berkane	300 - 400	40 - 50	idem
Béni-Mellal	300 - 400	30 - 40	aride à hiver frais
Marrakech	200 - 300	20 - 30	aride à hiver tempéré
Vallée du Souss	200 - 300	20 - 30	idem

* - Q : quotient pluviothermique de L. EMBERGER

$$Q = \frac{1000 P}{\left(\frac{M+m}{2}\right)(M-m)}$$

P : moyenne des précipitations annuelles en mm.

M : moyenne des maximums du mois le plus chaud.

m : moyenne des minimums du mois le plus froid.

(températures en degrés absolus).

bioclimatiques de l'Atlas du Maroc (BRIGNON et SAUVA-GE, 1962).

Deux faits saillants doivent être relevés au sujet de l'influence du climat dans la culture des agrumes.

En premier lieu, la température n'est pratiquement jamais un facteur limitant, dans les zones agrumicoles. On n'a pas planté les agrumes, comme en Californie, dans des régions soumises chaque année au gel. L'emploi de réchauds dans les vergers n'est pas nécessaire. Dans des cas épisodiques, on a constaté quelques fanaisons de rameaux dues au gel. Il en est de même en ce qui concerne les trop hautes températures, à l'origine de dégâts heureusement assez rares.

En second lieu, dans aucun cas, la pluviosité n'est suffisante pour apporter les 12.000 m³ d'eau à l'hectare que réclame annuellement un verger. Etant donné le manque de précipitation en été, il faut absolument recourir à l'irrigation. Celle-ci se fait traditionnellement par gravité, l'eau étant amenée au pied des arbres par des canaux ou «séguias», tracés à la charrue. Un ouvrier muni d'une sape permet à l'eau de s'épancher dans une cuvette entourant chaque arbre, en ouvrant le bord de la séguia, puis en le refermant, après un temps donné.

Si, dans son parcours, l'eau traverse une zone contaminée par un *Phytophthora*, ce système va contribuer à la distribution dans l'espace des affections causées par ce parasite. Pour éviter la Gommose du tronc, on a coutume, au Maroc, de réaliser des doubles cuvettes, en construisant un deuxième rebord de terre, qui empêche l'eau d'atteindre le tronc (figure 1).

Depuis plusieurs années, certains vergers sont passés à l'irrigation par aspersion, laquelle permet notamment de travailler en terrain non parfaitement nivelé. On a remarqué que des cas de gommose pouvaient aussi apparaître avec ce système, notamment lorsque les jets d'eau atteignent le tronc des arbres.

L'irrigation au goutte-à-goutte en est à ses débats. La technique semble intéressante et son extension est à prévoir, notamment dans les vergers disposant du meilleur encadrement technique.

Les affections à *Phytophthora*.

Les affections.

Les *Phytophthora* s'attaquent pratiquement à tous les organes des agrumes. On en trouve sur les petites racines («decay of fibrous feeder roots, fibrous root rot»), sur les grosses racines («root rot»), à l'insertion de celles-ci sur le tronc (pourriture du collet, «collar rot»), sur toute la hauteur du tronc et des branches charpentières («brown rot gummosis»), sur les feuilles et les fruits («brown rot»). Ils peuvent détruire de jeunes semis, en provoquant une nécrose de la tigelle ou une fanaison des premières feuilles.

Au Maroc, nous avons isolé, jusqu'à présent :

Phytophthora citrophthora (R.E. SMITH et E.H. SMITH)
LEONIAN

(= *Pythiacystis citrophthora* R.E. SMITH et E.H. SMITH)
à partir de racines, troncs, branches et fruits.

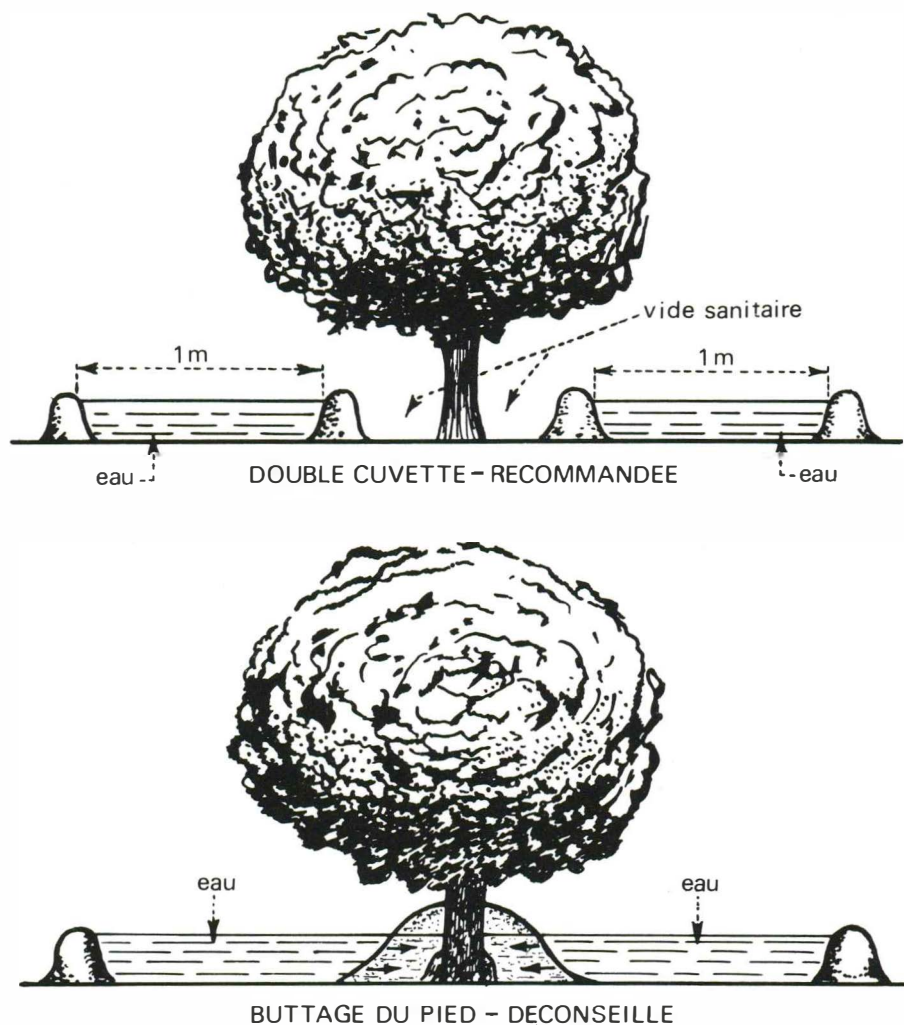


Fig. 1 • Procédé traditionnel d'irrigation par submersion. (source : TECOURT, 1976).

Phytophthora nicotianae VAN BREDA DE HAAN var.
parasitica (DASTUR) WATERHOUSE
 (= *Phytophthora parasitica* DASTUR)
 à partir de racines, troncs, feuilles de jeunes semis et terre
 de verger.

Phytophthora syringae (KLEBAHN) KLEBAHN
 (= *Phloeophthora syringae* KLEBAHN)
 (= *Nozemia syringae* (KLEBAHN) PETHYBRIDGE)
 (= *Phytophthora cactorum* (LEBERT et COHN)
 SCHROETER subvar. *syringae* (KLEBAHN) SAREJANNI)
 à partir d'un fruit.

Phytophthora cactorum (LEBERT et COHN) SCHROETER
 (= *Peronospora cactorum* LEBERT et COHN)
 (= *Phytophthora omnivora* DE BARY)

(= *Nozemia cactorum* (LEBERT et COHN) PETHYBRIDGE)
 (= *Phloeophthora cactorum* (LEBERT et COHN) WILSON)
 à partir de terre de verger d'agrumes et de racines de fraisier.

En outre, nous avons isolé *Phytophthora cinnamomi*
 RANDS d'un cas de pourridi d'Avocatier et de terre de
 verger d'Avocatiers. La liste complète des isolements figure
 plus loin.

- Fonte des semis.

Dans les germoirs, *P. nicotianae* var. *parasitica*, entre
 autres, intervient à titre d'agent de la fonte des semis. Ce
 type d'attaque, dû également à d'autres parasites, ne semble
 pas constituer un problème majeur, dans les conditions
 actuelles. Divers produits chimiques permettent de traiter
 ces affections et, comme la place ne manque généralement

pas pour les germoirs, il subsiste toujours un nombre suffisant de plants pour réaliser les greffages prévus. C'est bien souvent par manque de technicité que les pépiniéristes négligent ces infections et il est probable qu'ils transportent ainsi l'inoculum, sur jeunes arbres greffés, apparemment sains, vers de nouveaux vergers.

- Attaques racinaires.

En ce qui concerne l'attaque des petites racines, BROADBENT (1969) a montré que *P. citrophthora* était capable d'infecter des racines de *Citrus* et *Poncirus*, dans la zone d'élongation et que le caractère de résistance de certaines variétés ne s'exprimait souvent qu'au niveau de cellules complètement différenciées. Sur les variétés sensibles, le parasite s'installe dans la zone corticale, dont il provoque la nécrose et, si l'arbre ne parvient pas à régénérer son système racinaire, il dépérit plus ou moins rapidement. Le feuillage jaunit, la frondaison devient moins dense. L'arbre, mal nourri, végète et peut mourir. Cette issue fatale est plus rapide si le parasite parvient à gagner les grosses racines.

L'attaque des grosses racines est fréquemment la suite de l'infection des racines fibreuses. Ce cas est rare au Maroc, car le Bigaradier possède un degré de résistance généralement suffisant pour le mettre à l'abri de cette progression du parasite. Cependant, nous avons isolé, à plusieurs reprises, un *Phytophthora*, à partir de grosses racines d'arbres greffés sur Bigaradier, en voie de déclin irrémédiable.

- Chancre du collet et gommose du tronc.

Lorsque le champignon parvient à envahir une grosse racine sur toute sa longueur, il forme un chancre au collet et le faciès prend le nom de pourriture du pied. Dans les cas les plus graves, toute la circonférence de la base du tronc est atteinte et l'arbre est condamné. Parfois l'attaque se limite à un côté et la lésion est circonscrite par un bourrelet de cicatrisation (figure 2). Ce bourrelet s'observe aussi dans les cas de Gommose du tronc et, en fait, pourriture du collet et Gommose du tronc sont deux faciès de la même maladie, différant par leur localisation.

Comme son nom l'indique, l'affection se manifeste par un écoulement de gomme le long du tronc ou des branches. Cette exsudation peut ne pas être visible en saison pluvieuse, car la gomme des agrumes fait partie du groupe des gommes arabiques, d'origine pectique et solubles dans l'eau. Les fortes pluies provoquent un lavage du tronc et font disparaître progressivement les amas de gomme.

L'écoulement proprement dit est précédé d'un suintement (figure 3) donnant à l'écorce une coloration plus foncée. Si l'on soulève l'écorce, on constate que les couches superficielles du bois sont également imprégnées de gomme (figure 4). L'écorce se dessèche et meurt.

Lorsqu'elle est limitée, la lésion peut être facilement excisée au couteau et la plaie badigeonnée avec un produit fongicide et cicatrisant. Mais, par suite d'une surveillance insuffisante du verger, le développement de la maladie se poursuit parfois jusqu'à ce que toute la circonférence du

tronc soit atteinte (figure 5). On aboutit alors à un effet comparable à celui d'une annélation. On assiste à une mise à fruit abondante, avec épuisement des racines et jaunissement, puis chute, des feuilles, se terminant par la mort de l'arbre, bien souvent avec de petits fruits restant accrochés quelque temps au squelette de l'arbre.

La Gommose du tronc est fréquente au Maroc, car, les arbres étant souvent greffés trop bas et mal plantés, avec la ligne de greffe trop proche du niveau du sol, la moindre blessure causée par un outil agricole sert de porte d'entrée pour le parasite. Or, la plupart des variétés cultivées sont hautement sensibles au *Phytophthora*. Sous la ligne de greffe, on a généralement affaire au Bigaradier, suffisamment résistant dans la pratique.

- Pourriture brune des fruits.

Nous ne la citons que pour mémoire, car les problèmes qu'elle pose, ainsi que les méthodes de lutte, ne sont que de très loin en rapport avec les porte-greffe et représentent un chapitre différent de la lutte contre les parasites des agrumes.

Signalons cependant que, pour un arbre donné, la sensibilité des fruits aux *Phytophthora* n'est pas en relation avec la sensibilité au niveau du tronc et que certains *Phytophthora* notamment *P. syringae*, isolés de fruits, semblent incapables de provoquer une Gommose du tronc.

L'inoculum et l'infection dans les conditions du verger.

L'inoculum dans le verger est constitué par des organes de conservation (oospores, chlamydo-spores) présentes dans les débris végétaux et pouvant y persister plusieurs années. A la faveur de conditions écologiques favorables (présence d'éléments nutritifs, température proche de l'optimum, forte humidité), ces organes germent en un mycélium, dont la vie saprophytique n'est pas clairement prouvée, mais qui donne naissance à des sporocystes ou sporanges. Ceux-ci, en présence d'eau liquide (et non d'une simple augmentation de l'humidité atmosphérique), libèrent des zoospores mobiles biflagellées, lesquelles sont les responsables de la contamination. En l'absence d'eau, un sporocyste peut germer en donnant naissance directement à un mycélium.

Selon WHITESIDE (1972), la croissance de *P. nicotianae* var. *parasitica* dans le sol est très limitée. Le champignon dépend pratiquement du substrat que constituent les racines absorbantes des agrumes pour sa croissance et sa multiplication, et les sporanges peuvent se former à la surface de ces racines. *P. nicotianae* var. *parasitica* possède un large spectre parasitaire et les racines et débris de nombreuses plantes, tant sauvages que cultivées (*Brachychiton*, *Melia*, *Pinus*, *Schinus*, Tomate, Coton, Luzerne, Ananas entre autres) peuvent donc servir de source d'inoculum. Bien que la liste des hôtes de *P. citrophthora* citée par FREZZI (1950) soit également assez longue, ce champignon semble généralement plus inféodé aux agrumes.

La production de sporanges par ces deux espèces de *Phytophthora* est influencée par le pH du sol. Elle est



Figure 2 - Bourrelet de cicatrisation.



Figure 3 - Suintement de gomme sur le tronc.

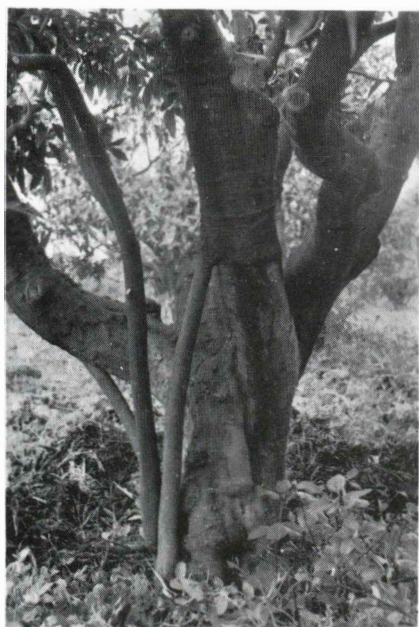


Figure 6 - greffes par approche pour sauver un arbre malade.



Figure 4 - Bois imprégné de gomme.



Figure 5 - Gommose atteignant toute la circonférence du tronc.

fortement réduite en conditions très acides ($\text{pH} \leq 5$), ce qui a pour conséquence de diminuer le nombre de zoospores. TSAO et MARTIN (1963) ont pu montrer que l'infection des racines absorbantes d'agrumes par *P. nicotianae* var. *parasitica* était plus faible en sols acides.

D'autre part, les zoospores ne pouvant assurer la contamination qu'en présence d'une nappe d'eau liquide, les attaques de *Phytophthora*, sur racines comme sur troncs, se rencontrent plus fréquemment en terrain argileux qu'en sol sableux.

Les zoospores de *P. citrophthora* sont attirées vers les racines de *Citrus* et d'autres genres. Parmi les substances exerçant une attraction, on peut mentionner l'acide glutamique, l'asparagine, la glutamine, la méthionine, l'histidine ainsi que divers sucres (ZENTMYER, cité par BROADBENT, 1969).

C'est vers la région d'élongation des radicelles que les zoospores sont attirées, ainsi que vers les blessures des racines plus âgées. La résistance variétale ne semble pas agir à ce niveau. En effet, les racines de Rough lemon (*Citrus jambhiri* LUSHINGTON), sensible, ne sont pas plus attractive que celles de *Poncirus trifoliata* (L.) RAFINESQUE, résistant, ou même que celles de Tomate (BROADBENT, 1969). Les tubes germinatifs, issus de zoospores enkystées, éprouvent, par contre, plus de difficulté à pénétrer dans les cellules épidermiques de l'espèce résistante et, quand elles y parviennent, la pénétration se limite à une cellule, avec plasmolyse des voisines. Il n'a pas été possible de retrouver des hyphes dans la zone mieux différenciée de la racine. BROADBENT conclut que ce n'est pas une exclusion d'ordre morphologique du parasite qui est responsable de la résistance, mais que des facteurs chimiques ou physiologiques entrent en jeu, une plante résistante pouvant posséder des inhibiteurs ou encore une hypersensibilité pouvant être induite par des substances élaborées dans le végétal, à la suite de l'infection.

Au niveau du tronc, dans le cas de la Gommose proprement dite, l'infection se réalise aussi par les zoospores. Ces dernières arrivent au contact du tronc, dans l'eau de pluie ou d'irrigation. La pénétration a lieu à la faveur de légères blessures ou de lenticelles. Il semble que le *Phytophthora* soit incapable de contaminer une écorce intacte, que la variété soit résistante ou sensible. Une pénétration directe peut cependant avoir lieu sur de jeunes tiges qui n'ont pas encore formé une assise liégeuse continue (WHITESIDE, 1972).

Les cas de Gommose survenant à une certaine hauteur au-dessus du niveau du sol sont provoqués par l'entraînement de zoospores dans des gouttes d'eau qui rebondissent lors de fortes chutes de pluie. C'est ainsi que les fruits eux-mêmes peuvent être contaminés et présenter la pourriture brune.

D'après WHITESIDE (1972), un grand nombre de zoospores doit avoir accès aux assises internes de l'écorce, pour que l'infection se réalise. Par conséquent, les conditions qui favorisent la formation de grandes quantités d'inoculum et leur apport aux points d'infection accroissent le risque de déclenchement de la maladie. C'est pourquoi le Pourridié à *Phytophthora*, de même que la Gommose et la Pourriture des fruits, est plus fréquent sur les terrains qui demeurent humides pendant de longues périodes. En outre, si un climat humide ne persiste pas à l'époque des infections, les petites lésions de l'écorce ont plus de chances de se dessécher et de se cicatriser.

Ce n'est qu'au moment de l'arrivée du champignon au niveau des couches inférieures de l'écorce que vont jouer les facteurs de résistance d'ordre chimique ou physiologique, qui forment la base des réactions hôte-parasite, dont nous allons décrire les résultats.

Sous le niveau du sol, l'infection racinaire d'une variété sensible conduit généralement à la mort de l'arbre. Ce fait, à lui seul, justifie l'utilisation d'un porte-greffe résistant. Cependant, afin de ne rien omettre, il convient de signaler qu'il est possible de sauver un arbre atteint de pourriture des racines, en utilisant la greffe par approche, avant qu'il ne soit trop tard. De jeunes plants d'une variété résistante sont mis en place à côté de l'arbre malade et sont greffés, à leur partie supérieure, dans la variété cultivée, dont ils vont assurer l'alimentation (figure 6). Ce procédé, demandant une main-d'oeuvre qualifiée et la fourniture de plants supplémentaires, n'est à employer qu'en désespoir de cause.

L'apparition récente de fongicides systémiques actifs contre les Phycomycètes offre une nouvelle possibilité de lutte contre les attaques de *Phytophthora* sur racines et sur troncs (VANDERWEYEN et SERRHINI, 1979) et même sur fruits. Il n'en demeure pas moins que les dépenses provoquées par l'emploi de ces produits peuvent être, en grande partie, évitées en faisant usage de porte-greffe résistants.

Cadre de l'étude.

Nos recherches concernent spécialement la Gommose du tronc. Elles se déroulent en deux phases dont :

- la première envisage la nature et la biologie des agents parasitaires et consiste en la mise en culture et l'identification des espèces de *Phytophthora* provenant de nombreux vergers,
- la seconde envisage le couple hôte-parasite et consiste en l'inoculation de certains de ces isolats dans le tronc d'arbres adultes, dans le but de tester la sensibilité de la plante à la Gommose et de classer les différentes variétés d'agrumes selon ce critère.

BUT DE L'ETUDE NECESSITE DE LA RECHERCHE DE NOUVEAUX PORTE-GREFFE

Le Bigaradier (*Citrus aurantium* L.) est actuellement le porte-greffe utilisé dans la quasi-totalité des vergers marocains. Il se greffe facilement, est bien adapté aux conditions édaphiques et climatiques de l'Afrique du Nord et fournit une bonne récolte de fruits de qualité.

Il n'est pas le meilleur à tous les points de vue. C'est ainsi que le Rough lemon (*C. jambhiri* LUSHINGTON) se montre beaucoup plus vigoureux et productif, mais présente par contre, des désavantages certains - faible qualité des fruits, forte sensibilité à la Gommose - dont le Bigaradier n'est pas affligé. Jusqu'à présent, c'est ce dernier qui semble offrir le meilleur compromis entre tous les caractères recherchés. Sa résistance aux champignons du genre *Phytophthora*, sans être absolue, est suffisante dans la pratique.

La recherche d'autres porte-greffe d'agrumes reste cependant justifiée à plus d'un titre.

En premier lieu, la découverte d'un sujet ayant des qualités agronomiques (productivité, précocité, tolérance à la salure du sol et des eaux d'irrigation, qualité des fruits) encore améliorées ne pourra qu'influencer favorablement la rentabilité de la culture. La recherche en ce domaine ne peut s'arrêter.

En second lieu, les combinaisons Oranger ou Mandarinier ou Clémentinier greffé sur Bigaradier, lesquelles représentent actuellement plus des neuf dixièmes du verger marocain, sont hautement sensibles à une affection causée par un virus, la Tristeza, qui a anéanti des millions d'arbres en Amérique du Sud et qui a conduit à l'abandon du Bigaradier comme porte-greffe. Les espèces d'agrumes y sont plus ou moins sensibles. Certaines peuvent être porteuses sans symptômes. La combinaison Citronnier sur Bigaradier n'est pas affectée par la maladie, mais les trois autres, citées plus haut, répondent à l'infection par un rabougrissement ou une fanaison suivie de chute des feuilles. Dans les cas graves, la mort peut survenir en quelques mois («quick decline») et l'on constate, à l'arrachage, une pourriture du système racinaire, conséquence d'une nécrose des tubes criblés du Bigaradier, au niveau de la greffe. Sur certaines espèces de *Citrus*, la désorganisation des tissus se traduit par la présence de cannelures longitudinales dans le bois, correspondant à des excroissances sur la face interne de l'écorce («stem pitting»).

Le virus, dont il existe des souches plus ou moins agressives, est transmis non seulement par la greffe, mais aussi par des insectes, et notamment *Aphis gossypii* GLOVER, le puceron du melon, présent dans le Bassin méditerranéen.

La Tristeza ne sévit pas au Maroc, mais bien que l'importation de plants ou de fragments de plants d'agrumes soit interdite, ce pays n'est pas à l'abri d'une contamination car, depuis 1956, cette maladie occasionne des ravages considé-

rables dans les orangeries espagnoles, et le détroit de Gibraltar ne peut pas être considéré comme une barrière suffisante.

Etant donné cette menace, il a paru utile, dès 1960, de mettre en expérimentation, au Maroc, des porte-greffe de remplacement du Bigaradier et notamment ceux actuellement utilisés dans les pays qui ont été fortement touchés par la Tristeza. L'expérimentation entreprise a poursuivi un double but.

D'une part, il fallait mettre en évidence les qualités d'ordre agronomique du nouveau matériel végétal : aptitude au greffage, développement rapide, bonne productivité et influence favorable sur les qualités organoleptiques des fruits de la variété greffée, et ceci dans les diverses zones agrumicoles du Maroc, dont les conditions édaphiques et climatiques sont variées. L'on a donc établi un réseau d'«essais porte-greffe», dans six stations différentes. Nous ne pouvons détailler ici ces essais qui sortent du cadre de notre travail, mais nous ferons éventuellement mention de leurs résultats, dans l'appréciation finale des variétés.

D'autre part, étant donné que les maladies causées par des *Phytophthora* sont présentes dans toutes les zones agrumicoles du pays, il importe que les porte-greffe retenus soient résistants à ces champignons. C'est là le but de notre travail. Comme l'on ne pouvait attendre les résultats des essais porte-greffe pour commencer les tests de résistance, nous avons procédé, dès 1964, à la plantation de parcelles comprenant toutes les variétés proposées pour remplacer le Bigaradier. Nous présentons, dans ce mémoire, les résultats auxquels nous sommes arrivés, à l'heure actuelle.

La Tristeza et la Gommose ne sont pas les seules affections dont il faille tenir compte. D'autres maladies interviennent dans les vergers marocains, et elles affectent différemment les espèces d'agrumes. Il faudra donc également connaître le comportement des divers sujets en leur présence. Ce sont :

- L'Exocortis, affection causée par un viroïde, se traduisant par la desquamation de l'écorce des variétés sensibles, ce qui provoque une perturbation dans le transit de la sève et un mauvais développement des arbres. Ceci ne se remarque qu'au bout de plusieurs années de plantation, alors que l'agrumiculteur a consacré de fortes sommes à l'établissement et à l'entretien de son jeune verger. La perte économique est importante.
- la Psorose écaillée ou «scaly bark», maladie d'origine probablement virale, qui se traduit par un autre type de desquamation de l'écorce du tronc et des branches, mais que l'on rencontre surtout sur les variétés d'Oranger et non sur les porte-greffe courants.
- la Psorose alvéolaire ou «concave gum», affection probablement virale, caractérisée par d'importantes déformations noueuses du tronc, sans desquamation. Son influence sur la productivité n'est pas clairement établie.
- la Psorose en poches ou «blind pocket», également

d'origine supposée virale, et qui se remarque par la formation, sur le tronc, d'étroits renforcements longitudinaux. Sa fréquence dans les vergers est relativement faible et son influence sur la vigueur de l'arbre ne semble pas très marquée.

- la Xyloporose, encore appelée Cachexie, qui serait aussi causée par un virus, consiste en l'apparition de petites crêtes à la face interne de l'écorce, correspondant à des dépressions dans les couches superficielles du bois. De petites poches de gomme se forment dans l'épaisseur de l'écorce. L'ensemble de ces altérations provoque une diminution du transit de la sève et un mauvais développement de l'arbre qui reste chétif et improductif. La maladie affecte diverses espèces de *Citrus*, tant parmi les sujets que parmi les greffons.

Il existe encore d'autres maladies de type viral, mais heureusement peu répandues au Maroc, à notre connaissance. Il faudra donc également, dans la mesure du possible (mise au point de tests spécifiques) s'assurer que le bois de greffe en est indemne.

La transmission par insectes des cinq affections décrites n'a pas été mise en évidence. Seule l'Exocortis est transmissible mécaniquement par des outils de taille. C'est la multiplication par greffage qui contribue principalement à répandre ces maladies dans les vergers.

Dans le cas de l'Exocortis notamment, le Bigaradier étant tolérant, de nombreux arbres sont porteurs sans symptômes et il se pourrait que le verger marocain soit contaminé à plus de 50 p. 100.

Il importe donc que les greffages réalisés dans les pépinières ne soient exécutés qu'avec un bois de greffe indemne de ces viroses. Ceci suppose la possibilité de se rendre compte de la présence de virus dans un arbre apparemment sain, sur lequel on compte prélever le bois de greffe. Il existe des techniques dites d'indexation des maladies à virus, qui sont couramment appliquées dans ce but. L'Institut national de la Recherche agronomique accomplit un programme régulier d'indexation et est à même de fournir du matériel végétal certifié indemne de ces viroses, pouvant donc être enté sur un porte-greffe sensible à l'une ou l'autre de ces affections, mais qui serait choisi pour ses qualités agronomiques et sa résistance à la Gommose.

Nous ne pouvons passer sous silence, car elle est très répandue au Maroc, la maladie dite du «Stubborn» qui n'est pas causée par un virus, mais par un mycoplasme,

Spiroplasma citri SAGLIO et al., et qui se traduit par un manque de développement plus ou moins grave, avec un cortège de symptômes tels que :

- aspect en gland des fruits, résultant d'une mauvaise croissance de l'apex ou d'un côté (dans ce cas, avec courbure de la columelle),
- feuilles petites, en cuiller, parfois chlorotiques,
- rameaux en S et raccourcis, donnant à l'arbre un port buissonnant.

Les arbres atteints, s'ils ne meurent pas rapidement, présentent cependant une nette diminution de production, et la faible quantité de fruits récoltés n'est pas commercialisable par suite de leur difformité et de leur dimension insuffisante.

Les insectes considérés comme vecteurs de cette affection, ainsi que les plantes hôtes autres que *Citrus*, font l'objet de recherches en cours au Maroc (VIENNOT-BOURGIN et al., 1979) ainsi que dans de nombreux autres pays. Le mycoplasme, présent dans les tissus conducteurs de l'écorce, des jeunes feuilles, des téguments des semences et des fleurs, peut se transmettre par la greffe, ce qui explique que l'on ait d'abord cru que cette maladie était d'origine virale. La nécessité de s'assurer de l'état sanitaire du bois de greffe se confirme donc ici encore. Cependant, l'influence du porte-greffe sur la gravité de cette affection, laquelle concerne pratiquement toutes les variétés d'agrumes cultivées, n'a pu être mise en évidence, un porte-greffe tolérant ne rendant pas tolérante une variété sensible, et, par conséquent, le choix des porte-greffe ne se fait pas spécialement en fonction de leur réaction au Stubborn.

La détermination de la résistance au *Phytophthora* des sujets n'est donc pas un travail isolé conduit par un chercheur confiné dans son laboratoire. Elle s'inscrit dans un programme global qui vise à :

- 1) trouver les porte-greffe et les combinaisons greffées les plus avantageux au point de vue de leur productivité et de la qualité de leurs fruits, et ce pour les divers terroirs du pays ;
- 2) maintenir cette productivité en éliminant les causes de déclin que constituent les maladies à virus, par l'emploi d'un matériel végétal indemne et qui soit tolérant à la Tristeza ;
- 3) enfin mettre les vergers à l'abri des affections à *Phytophthora*, ce parasite, présent dans toutes les régions agrumicoles, pouvant occasionner soit la mort des arbres, soit des frais considérables de lutte.

à suivre.