

# LE CONDITIONNEMENT PHYSIOLOGIQUE DES CITRUS COMME MOYEN DE LUTTE VIS-A-VIS DES RAVAGEURS DES AGRUMES

F. CHABOUSSOU\*

LE CONDITIONNEMENT PHYSIOLOGIQUE DES CITRUS  
COMME MOYEN DE LUTTE VIS-A-VIS DES RAVAGEURS  
DES AGRUMES

F. CHABOUSSOU

*Fruits*, jan. 1974, vol. 29, n°1, p. 23-33.

RESUME - Selon l'auteur le déterminisme des «déséquilibres biologiques», pullulations des tétranyques, des pucerons, des cochenilles et même recrudescence de certaines maladies, consécutifs à certains traitements pesticides, résulte principalement d'un phénomène indirect d'ordre nutritionnel. Le feuillage des plantes traitées entraîne en effet, chez les phytophages, des majorations de fécondité et de longévité, de vitesse de reproduction. Ce processus selon lequel la vitalité de tout organisme vivant dépend étroitement de la satisfaction de ses besoins nutritionnels, a été désigné par l'auteur sous le terme de **trophobiose**.

Certaines observations conduites au Maroc concernant la colonisa-

tion entomologique d'une jeune plantation de mandariniers ayant reçu divers types d'amendements, montrent toute l'importance de la fertilisation dans la résistance vis-à-vis des cochenilles. Corrigeant en effet les effets néfastes des excès de calcium dans le sol et les eaux d'irrigation, les engrais potassiques ont réduit, de moitié aux quatre cinquièmes, la reproduction des cochenilles *Lepidosaphes beckii* et *Saissetia oleae*.

Or les niveaux des populations de ces cochenilles se trouvent en relation inverse avec les valeurs du rapport  $\frac{K}{Ca+Mg}$  dans les feuilles et

les écorces des fruits. L'auteur émet cette hypothèse que l'élévation de ce rapport entraînée par la fertilisation potassique, permet une meilleure protéosynthèse, processus physiologique précisément corrélatif d'une diminution de la teneur de la sève en acides aminés et glucides réducteurs, soit d'éléments nutritionnels bien connus pour être favorables à la reproduction des diverses catégories d'insectes piqueurs.

## DÉTERMINISME DES PULLULATIONS DE TÉTANYQUES ET DE COCHENILLES SUR CITRUS A LA SUITE DES TRAITEMENTS PESTICIDES

### Multiplications de tétranyques.

Dès notre première mission au Maroc (1968), nous avons pu établir que les multiplications d'acariens, tout comme celles de la cochenille plate (*Coccus hesperidum*) étaient liées à la lutte chimique contre le pou de Californie (*Aonidiella aurantii*) seul ravageur important jusqu'en 1955-1956.

En particulier, l'emploi de divers produits organiques de synthèse tels que le parathion ou le carbaryl entraînait de brusques et importantes pullulations de tétranyques : notamment de *Tetranychus cinnabarinus* dans le Rharb et de *Hemitarsonemus latus* dans la région d'Azemmour.

Il faut signaler également la présence, dans toutes les régions agrumicoles du Maroc, de l'acarien des bourgeons : *Aceria sheldoni* EWING, et dont DELUCCHI précise que : «l'apparition massive a fait suite, au Maroc, comme dans beaucoup d'autres pays, à l'utilisation d'insecticides phosphorés de synthèse».

Ces proliférations anormales de tétranyques rappellent d'ailleurs celles déjà enregistrées par HOLLOWAY et al. (1962) à la suite de pulvérisations à base de zinc, ainsi que celles expérimentalement mises en évidence par FLESCHER (1952) concernant *Paratetranychus citri* et consécutive au traitement des Citrus à base de DDT.

Au Liban, ASLY (1965) signale également que, dans de nombreux cas, divers pesticides tels que : produits cupriques, zinc, soufre, etc. peuvent accroître sensiblement les populations des acariens. A cet égard, il souligne les effets particulièrement nocifs des esters phosphoriques, le parathion notamment multipliant les tétranyques «d'une façon démentielle». Cet auteur fait également remarquer qu'en cas d'échec, les acaricides eux-mêmes peuvent provoquer des pullulations comme cela a d'ailleurs été démontré par les expériences de DOSSE et par Wafa et al. (1969). De telles proliférations ont également été enregistrées au Maroc, à la suite de traitements au moyen d'acaricides phosphorés au cours des essais de WILLINSKY (CHABOUSSOU, 1970).

Bref, en ce qui concerne les pullulations d'acariens sur Citrus, nous nous trouvons en présence du même problème dont nous avons eu à nous occuper sur vigne, à la suite,

\* - Directeur de la Station de Zoologie du Centre de Recherches agronomiques, INRA, Bordeaux.

Communication présentée au Congrès mondial de l'Agrumiculture (Murcie-Valence, 29 avril-10 mai 1973).

soit des traitements insecticides contre les vers de la grappe (CHABOUSSOU, 1969 a) soit des interventions fongicides contre le mildiou (CHABOUSSOU, 1967).

Or, nous pensons avoir montré - et ceci grâce à un certain nombre d'observations et d'expérimentations conduites en plein champ, d'une part, et d'élevages en laboratoire d'autre part - que la multiplication des acariens phytophages à la suite des traitements pesticides ne résultait pas seulement de la destruction des ennemis naturels.

Les élevages ont effectivement montré que les traitements du feuillage provoquent chez les acariens de notables majorations de longévité et de fécondité ainsi que divers autres phénomènes tels que : raccourcissement du cycle évolutif et distorsion de la sex-ratio en faveur des femelles.

FLESCHNER (op. cit.) avait d'ailleurs observé que ces pulvérisations entraînaient dans les feuilles des modifications biochimiques qui les rendaient moins résistantes vis-à-vis des acariens, et ceci pendant des périodes pouvant se prolonger au-delà de sept mois.

**Ce phénomène de stimulation de la reproduction des tétranyques trouve donc son origine dans la modification du substrat nutritionnel en faveur de l'animal.**

Nous avons désigné ce processus, selon lequel la vitalité de tout organisme vivant dépend étroitement de la satisfaction de ses besoins nutritionnels sous le terme de **trophobiose**.

Il s'agit effectivement, comme le montre l'étude approfondie des rapports entre la plante et l'insecte, d'un phénomène d'ordre général et qui se retrouve notamment chez les cochenilles et autres insectes et également chez les maladies.

#### Multiplications de cochenilles.

THOMPSON (1939) a montré que sur Citrus, les traitements au moyen de composés cupriques, entraînent un accroissement des populations de *Pseudococcus citri* RISSO, ainsi d'ailleurs que de l'aleurode : *Dialeurodes citri folii* MORGAN, et du tétranyque : *Paratetranychus citri* McG.

Plus récemment, TSUGAWA et al. (1964) ont constaté des proliférations de pou de San José : *Aonidiella pernicioso* COMST., et des acariens *P. citri*, à la suite également de pulvérisations cupriques.

Par ailleurs, KOZLOVA et KURDYNKOV (1964) ont montré que sur mûrier, après un premier effet coccicide vis-à-vis de *Pseudococcus comstocki*, on pouvait enregistrer après deux ans de traitements, des populations pouvant atteindre sur les arbres traités au parathion (30 kg PA/hl) plus de 200 p. cent de celles des témoins, 165 p. cent avec le déméton. Or, les dénombrements concernant les principaux prédateurs et parasites de *P. comstocki* montrent que les composés phosphorés utilisés et véhiculés à l'intérieur de la plante, n'inhibaient en aucune façon le développement de ces ennemis naturels.

Bref, ces auteurs concluent finalement que, vis-à-vis des cochenilles, les traitements au moyen de produits organophosphorés présentent des post-effets à la fois directs et indirects. Il ne serait donc nullement étonnant qu'il en

soit de même vis-à-vis des cochenilles des agrumes et que ces mêmes produits entraînent une stimulation après une première action coccicide. Effectivement, BEDFORD (1968) a signalé qu'en Afrique du sud, dans la région de Rustenberg, en 1964-1967, les attaques de *A. aurantii* se sont montrées généralement plus élevées dans les vergers qui avaient déjà été traités une ou deux fois au moyen du parathion.

De même, HART et JUGLE (1970) ont expérimentalement démontré que la multiplication de *Coccus hesperidum* sur Citrus par le méthyl parathion résultait d'un processus différent de celui de la destruction des ennemis naturels. Ainsi, comme vis-à-vis des tétranyques, les pesticides et les esters phosphoriques en particulier, peuvent, après un premier effet coccicide, entraîner des multiplications de cochenilles par un effet indirect sur la physiologie de la plante.

#### Multiplications de pucerons.

Des phénomènes analogues de multiplication de pucerons, après traitement et en dehors de toute action sur les ennemis naturels, ont également été mis en évidence chez *Myzus persicae* sur tabac, après traitement au mévinphos. MICHEL (1964) a pu montrer en effet que cette multiplication résulte d'un triple processus : augmentation de fécondité et de longévité des individus et raccourcissement du cycle évolutif (aptitude des insectes à se reproduire plus précocement), soit des mécanismes analogues à ceux que l'on constate chez les acariens.

En résumé, qu'il s'agisse de tétranyques, de cochenilles ou de pucerons (et sans doute aussi de cicadelles), les proliférations enregistrées à la suite de traitements pesticides résultent d'un phénomène indirect, d'ordre nutritionnel, entraînant des majorations de fécondité, de longévité et de vitesse de reproduction. Aussi, la mise en évidence de ce processus pose-t-elle, d'une façon accrue, le problème des relations entre la plante d'une part et l'insecte ou le champignon parasite d'autre part.\*C'est ce que nous allons tâcher d'examiner de plus près maintenant.

### PHYSIOLOGIE DES CITRUS ET SENSIBILITÉ VIS-A-VIS DES ARTHROPODES PIQUEURS

#### Physiologie des Citrus et sensibilité vis-à-vis des acariens.

Dès 1942, HENDERSON et HOLLOWAY avaient remarqué, sans pouvoir en fournir d'explication satisfaisante, la rapide disparition des importantes multiplications de *Panoonychus (Paratetranychus) citri* survenant dans les conditions naturelles. En fait, ces auteurs ont montré que la fécondité de ces tétranyques présente des différences hautement significatives selon la condition physiologique de la feuille.

\* - On sait que des phénomènes de «déséquilibres biologiques» dans le domaine des maladies peuvent également surgir à la suite des traitements pesticides. Il en est ainsi par exemple, concernant le développement de l'*Oidium* (et vraisemblablement du *Botrytis*) sur vigne à la suite des traitements contre le mildiou au moyen des dithiocarbamates : manèbe, zinèbe, propinèbe (CHABOUSSOU, 1967, 1968, 1970 a et b).

Le nombre des oeufs pondus par élevage sur feuilles jeunes ou d'âge moyen est significativement plus élevé que sur vieilles feuilles. Ainsi, paraît donc s'expliquer le ralentissement de la multiplication au fur et à mesure du vieillissement du feuillage.

Concernant le même tétranyque : *P. citri*, JEPSON et al. (1961) ont pu mettre en évidence, dans des vergers de Valencia et de citronniers, **une corrélation entre le niveau des populations et les cycles de croissance de la plante**. Or, ces derniers sont eux-mêmes en relation avec des changements météorologiques et saisonniers. Ainsi, certaines baisses de populations paraissent-elles en relation avec les périodes caractérisées à la fois par de hautes températures et de basses humidités.

Ces auteurs estiment en effet que de tels facteurs extrêmes du climat peuvent apporter de notables changements dans la physiologie de la plante et se répercuter ainsi, de façon indirecte, sur la reproduction des acariens. En concordance avec les résultats de HENDERSON et HOLLO-WAY, ils considèrent que la période la plus favorable pour le développement de cette espèce d'acarien est l'époque de croissance des feuilles.

Or les deux principaux cycles de croissance des oranges Navel, aux États-Unis, sont de mars à mai d'une part, et de septembre à novembre d'autre part. Précisément, ces deux périodes coïncident avec les maxima de populations de *P. citri*. Les cycles saisonniers de croissance des Citrus s'avèrent donc comme des facteurs majeurs responsables des fluctuations des tétranyques.

Ces fluctuations saisonnières présentent d'ailleurs d'intéressantes répercussions au point de vue pratique : par suite de la décroissance naturelle des populations de *P. citri* en mai et juin de chaque année, (en concordance avec les observations de ces auteurs, NADIR a pu observer fin mai-début-juin, au Maroc, à l'époque de la chute des fruits et au moment de « creux » dans les multiplications d'acariens, une baisse de la teneur des feuilles dans les divers éléments minéraux : N, P, K), les traitements acaricides de mars-avril maintiennent les populations des acariens au-dessous du seuil de nuisibilité au moins pendant deux mois. Par contre, comme le font également observer JEPSON et al. (op. cit.), les applications conduites en juillet-août ou même en septembre n'empêchent nullement les populations d'acariens d'atteindre des niveaux élevés durant l'automne et l'hiver. Nous ajouterons : et ceci d'autant plus que l'on utilisera des pesticides susceptibles, comme nous l'avons vu plus haut, de stimuler indirectement la multiplication des tétranyques.

Par ailleurs - et nous en évoquerons la possibilité au cours de la dernière partie de ce travail - peut-être serait-il possible de restreindre le développement des acariens, au moyen de produits appropriés, en agissant de façon inverse sur le métabolisme de la plante.

Des observations analogues ont été conduites par STERN-LICHT (1969) concernant la dépendance de l'acarien du bourgeon : *Aceria sheldoni* vis-à-vis des jeunes feuilles. Ces acariens s'installent de préférence sur les feuilles de 1 à 3

mm de long ainsi que sur le méristème apical des bourgeons terminaux. Ces derniers, étant plus riches en substances de croissance, semblent influencer, dit l'auteur, la multiplication des acariens en leur apportant de la « nourriture vitale ». (Il s'agit vraisemblablement d'éléments azotés).

C'est pourquoi la nouvelle pousse qui, chez la plupart des variétés de Citrus, dans la région méditerranéenne, survient en février-avril, puis en août-septembre (quelquefois en juin-juillet), s'accompagne du phénomène de la dispersion de ces acariens, ces derniers étant attirés par les jeunes organes.

#### Physiologie des Citrus et sensibilité vis-à-vis des pucerons.

La préférence des pucerons pour les organes en voie de croissance, pousses et jeunes feuilles, ou à l'inverse, pour les feuilles sénescences, est bien connue. Un tel preferendum paraît en relation avec la richesse de la sève ou des tissus foliaires en substances solubles et notamment en acides aminés libres.

Or, concernant plus spécialement les Citrus, WEISSMANN et MONTES DIAZ (1968) ont précisément montré - en relation avec la nature même de ce preferendum - l'étroite relation existant entre la densité de la sève des feuilles de citronniers (variable selon leur âge) d'une part, et la fécondité, la production des ailés et la durée du développement des aptères du puceron noir de l'oranger, *Toxoptera aurantii* BOY., d'autre part. Les conditions trophiques sont optimales lorsque la densité de la sève est au-dessous de 10 p. cent, ce qui est le cas des jeunes feuilles en voie de croissance. Plus âgées, les feuilles en voie de développement et dont la densité de sève s'échelonne entre 10 et 14,8 p. cent, présentent de moins bonnes conditions pour le puceron. Quant aux feuilles matures ayant cessé de se développer et dont la densité de sève est au-dessus de 15 p. cent, elles se montrent inaptes à assurer un bon développement du puceron.

Ainsi se confirme-t-il, chez les Citrus, que les populations de *T. aurantii* s'élèvent durant les périodes de croissance des jeunes feuilles, soit effectivement, au printemps et à l'automne, comme on peut le constater par exemple au Maroc.

#### Physiologie des Citrus et attaques des cochenilles.

Dès notre première mission au Maroc, et en nous appuyant, d'une part sur les travaux de STEYN (1951) concernant la vitesse du cycle évolutif de *Aonidiella aurantii* en fonction du type de solution nutritive fournie aux Citrus, et d'autre part sur les travaux de NADIR (1965-1966), nous émettions l'hypothèse que l'excès de calcium constaté dans les feuilles de Citrus et provenant lui-même à la fois de la nature du sol et de celle des eaux d'irrigation, pouvait se trouver à l'origine de la virulence des cochenilles dans certaines régions du Maroc, et notamment dans le Rharb (CHABOUSSOU, 1968).

STEYN (op. cit.) avait en effet remarqué d'importantes variations des populations d'*A. aurantii* selon les différentes régions de l'Afrique du sud. Aussi s'était-il demandé si l'influence de la composition chimique du sol ne constituait

pas un important facteur dans la dynamique de la cochenille ? Pour s'en assurer, STEYN conduisit des cultures de citronniers sur sable, au moyen de solutions nutritives diversement carencées, notamment en Ca, P et N. Les élevages ont permis de déterminer la durée du cycle évolutif de l'insecte. Par ailleurs, des analyses concernant les mêmes types de feuilles ayant servi aux élevages, permirent d'évaluer les teneurs en N, P, K, Mg (tableau 1).

**TABEAU 1 - Taux (en ppm) de matière sèche des divers éléments du diagnostic foliaire des Citrus en fonction des «traitements».**

Traitement	N	P	Ca	Mg	K	K/Ca
témoin	24.780	1.034	53.500	4.620	14.020	0,262
Bas Ca	21.200	0.973	39.400	3.560	29.400	0,746
Bas P	25.600	1.000	52.700	4.180	13.560	0,257
Bas N	15.200	1.191	46.900	3.820	15.520	0,330

Nous envisagerons seulement ici les résultats du traitement «bas Ca». Ce dernier s'est montré en effet peut-être le plus intéressant : en réduisant les taux de Ca et de Mg et en multipliant approximativement par deux celui de K. Or, ce phénomène, fait remarquer l'auteur, se retrouve également en plein champ en Afrique du sud, le K dans les feuilles s'élevant à 20.000 ppm de matière sèche dans les sols pauvres en Ca, tandis qu'il n'est que de 4.000 à 15.000 dans les terrains mieux approvisionnés en Ca et Mg.

Ce traitement pouvant être qualifié de «bas Ca et Mg et haut K» est précisément celui qui s'est avéré le plus défavorable au développement du pou de Californie, en prolongeant la durée de son cycle évolutif, par rapport aux autres traitements : témoin, bas P et bas N.

Or les travaux de STEYN en Afrique du sud peuvent, pensons-nous, être fructueusement rapprochés des recherches de NADIR (1965-1966) au Maroc et relatifs au diagnostic foliaire des agrumes. NADIR a pu établir en effet que dans une grande majorité des orangeries du Maroc, le taux de Ca dans les feuilles est anormalement élevé, tandis que ceux de P, K et Na sont faibles.

Ainsi, l'état physiologique des Citrus dans certaines régions du Maroc, et en particulier du fait de la teneur des eaux d'irrigation en calcium, favoriserait le développement de la cochenille. Ces conditions paraissent expliquer en grande partie la virulence d'*A. aurantii* dans le Rharb.

Par ailleurs, cette alcalinité du sol entraîne des carences en oligo-éléments, qui surviennent en effet dans les sols à pH trop faible ou trop élevé. Or, de telles carences concernant notamment le zinc et le fer sont précisément susceptibles de favoriser la multiplication des cochenilles. Les chercheurs de l'IFAC ont pu constater en effet, des proliférations anormales d'une diaspine, *Diaspis boisduvali*, sur ananas cultivés sur des solutions nutritives carencées en zinc.

Bref, tout ceci nous conduit à approfondir la question des relations entre les facteurs nutritionnels offerts par la

plante et la multiplication des ravageurs phytophages, en particulier des arthropodes piqueurs.

#### **État biochimique de la plante et multiplication des arthropodes piqueurs.**

Les récentes recherches concernant l'alimentation des insectes sur diète artificielle et leurs répercussions sur leur développement et leur reproduction, nous apportent d'intéressantes précisions concernant leurs besoins nutritionnels.

Il ressort de ces travaux - dans le détail desquels nous n'entrerons pas ici - que chaque espèce d'insecte ou d'acarien présente des besoins nutritionnels particuliers. La diète optimum paraît notamment caractérisée par un équilibre déterminé entre les glucides et les produits azotés.

D'autre part, confirmant les conceptions de THORSTEINSON, tout paraît indiquer que les produits nutritionnels sont principalement à l'origine du comportement alimentaire de l'animal, c'est-à-dire de l'attaque de la plante.

C'est dire toute l'importance de l'état biochimique de la plante dans sa susceptibilité vis-à-vis des atteintes des insectes ou des acariens. Aussi allons-nous tenter de le cerner de plus près, en particulier en ce qui concerne les arthropodes piqueurs qui nous préoccupent plus particulièrement, c'est-à-dire cochenilles et acariens.

#### *Besoins nutritionnels et multiplication des cochenilles.*

Si malheureusement, nous ne connaissons que peu de choses à ce sujet, nous pouvons cependant présumer que la richesse de la sève en éléments azotés, acides aminés en particulier, doit être un facteur déterminant dans la reproduction des cochenilles et donc dans la sensibilité de la plante aux attaques. Les travaux d'AUCLAIR concernant les pucerons (autres insectes piqueurs), montrent qu'il existe une relation directe entre la teneur des variétés de pois en acides aminés et leur susceptibilité vis-à-vis de *Myzus persicae*.

Par ailleurs, de récentes recherches concernant précisément les Citrus ont montré que les acides aminés s'accumulent dans les tissus chaque fois que la nutrition potassique est, soit insuffisante, soit excessive (HOFFMANN et SAMISH, 1969).

Ce fait confirme bien, d'ailleurs, le rôle du potassium dans l'élaboration des protéines : les teneurs les plus faibles en acides aminés correspondent à une nutrition optimale en K et au maximum de croissance de la plante. BOVÉ et al. (1957) ont d'ailleurs effectivement montré, en culture de tissus de *Citrus limonum*, que la croissance absolue et relative est beaucoup moins intense sur les milieux carencés en potassium et en glucides solubles.

Et c'est pourquoi - estimions-nous dès le début de nos travaux - que la recherche d'une nutrition optimale des Citrus en potassium devrait être doublement bénéfique : d'une part, elle assurerait à la plante un maximum de croissance et de récolte, et d'autre part, la régression corrélative de la teneur en acides aminés libres qu'elle entraînerait, provoquerait à son tour une réduction dans la multiplication des cochenilles.

Ce niveau optimum de K, ou plutôt l'équilibre souhaitable :  $K \leftrightarrow Ca + Mg$  reste encore à déterminer. Cependant, les travaux de NADIR ont déjà largement fait avancer la question. Justifiant cette conception, nous verrons d'ailleurs plus bas les résultats positifs - sinon spectaculaires - déjà obtenus dans la lutte indirecte contre les cochenilles, par simple apport au sol d'amendements potassiques.

D'autre part, les glucides sont également nécessaires aux cochenilles. Ainsi BURNS et DAVIDSON (1966) ont montré que la cochenille, *Toumeyalla liriodendri*, digère entièrement le saccharose contenu dans la sève.

#### Besoins nutritionnels et multiplication des acariens.

Comme les cochenilles, pucerons, psylles et cicadelles, les acariens arthropodes piqueurs se nourrissent également de substances solubles. Ainsi peut-on résumer, comme pour les cochenilles - et sans conclure pour autant qu'ils présentent identiquement les mêmes besoins - que tout facteur susceptible d'entraîner dans la plante un accroissement de la protéogénèse et corrélativement une régression des éléments solubles, aura automatiquement pour résultat un renforcement de la résistance vis-à-vis des acariens.

Inversement, on assistera au phénomène contraire, c'est-à-dire à la pullulation du genre *Tetranychus*, chaque fois que dans la plante, la protéolyse l'emportera sur la protéogénèse. Or, si ceci peut survenir naturellement à certaines périodes du cycle végétatif de la plante (sénescence), de tels déséquilibres peuvent aussi surgir à la suite de l'action néfaste de certains pesticides - même acaricides - sur la physiologie de la plante.

Précisons bien d'ailleurs que les différentes espèces d'acariens, comme celles des pucerons, ne présentent pas les mêmes besoins nutritionnels. Ceux auxquels nous venons de faire allusion plus haut concernent principalement le genre *Tetranychus*. Si l'alimentation optimum de cet acarien nécessite des substances azotées solubles, ses exigences en glucides réducteurs paraissent également nettement élevées comme l'ont montré les travaux de plusieurs auteurs (FRITZSCHE, 1961 - Wafa et al., 1969). Nous verrons précisément plus bas comment, par des incidences de ce genre sur la biochimie de la plante, s'expliquent les pullulations de tétranyques déclenchées par divers pesticides.

Ainsi, l'ensemble de ces faits concernant l'importance des besoins nutritionnels des insectes ou acariens dans la résistance de la plante vis-à-vis des ravageurs des Citrus, nous conduit tout naturellement à passer en revue les divers facteurs précisément susceptibles d'agir sur le conditionnement physiologique de la plante.

### LE CONDITIONNEMENT PHYSIOLOGIQUE DE LA PLANTE : FACTEUR DE RÉSISTANCE VIS-A-VIS DES INSECTES ET DES MALADIES

#### Les facteurs en cause.

Indépendamment de l'âge des organes, trois types de facteurs sont susceptibles d'agir sur la physiologie de la plante et donc sur la composition biochimique des tissus :

#### la constitution génétique de la plante, les facteurs écologiques, les facteurs culturaux.

Or, le choix de la plante et de la variété étant opéré, le praticien ne peut guère que subir ensuite les répercussions des deux premières catégories de facteurs sans guère pouvoir les infléchir en sa faveur. Par contre, il n'en est nullement de même des **facteurs culturaux**. En principe, l'arboriculteur en est le maître, mais peut-être ne les met-il pas toujours en oeuvre avec le discernement souhaitable, ceci parce qu'il les utilise en ne tenant généralement aucun compte des répercussions qu'ils entraînent sur le conditionnement physiologique de la plante et donc sur la résistance de cette dernière vis-à-vis des insectes ou des maladies.

Trois types de facteurs culturaux seront successivement passés en revue : il s'agit du **greffage**, des **fumures** et des **traitements pesticides**.

#### Influence du greffage.

Cette pratique culturale présente, sur la sensibilité du greffon vis-à-vis des insectes et des maladies, une influence sans doute plus considérable qu'on ne saurait le soupçonner. Un certain nombre de faits donnent à penser, par exemple, que le greffage de la vigne mis en oeuvre pour la sauvegarde du *Phylloxera* l'a sensibilisée vis-à-vis des attaques de *Botrytis* et sans doute aussi du Mildiou. C'est ainsi que, greffé et devenu plus vigoureux, le cépage « Folle blanche » n'est pratiquement plus cultivable à cause de son excessive vulnérabilité vis-à-vis du *Botrytis*.

Pour nous en tenir au cas des Citrus, WALLACE et al. (1953) qui ont étudié, de façon approfondie, l'influence du porte-greffe sur la nutrition minérale du greffon, soulignent bien que les porte-greffe présentent des répercussions, non seulement sur la taille de l'arbre, la récolte et la qualité du fruit, mais aussi sur sa susceptibilité vis-à-vis de diverses maladies.

La Tristeza constitue notamment un excellent exemple de maladie d'arbre fruitier dans laquelle les combinaisons entre le porte-greffe et le greffon jouent un rôle très important. Les symptômes les plus graves apparaissent lorsqu'un oranger est greffé sur bigaradier. Aussi, utilise-t-on dans la pratique des porte-greffe tolérants ou résistants : oranger, *Poncirus trifoliata*, etc.

Ainsi est-on amené à se poser la question du déterminisme des perturbations physiologiques induites dans le greffon ? Or, qu'il s'agisse de vigne (BOVAY, 1959 - BOVAY et ISOZ, 1964), d'arbres fruitiers (BLANC AICARD et BROSSIER, 1962) ou de Citrus (WALLACE et al., 1952, 1953 - BAR-AKIVA et al., 1972), les divers auteurs aboutissent à cette conclusion que le porte-greffe détermine l'équilibre cationique et en particulier le rapport

$\frac{\text{ions divalents}}{\text{ions monovalents}}$  (c'est ainsi par exemple que le *Riparia X*

*Rupestris 3309* entraîne généralement dans le greffon les nutriments azotés et potassiques les plus élevés). Or, comme nous avons déjà eu l'occasion de le signaler plus haut à propos de la multiplication des cochenilles en fonction de

l'état biochimique de la plante, le métabolisme de cette dernière et notamment l'intensité de la protéogénèse se trouvent précisément (avec les facteurs d'ambiance) sous la dépendance de cet équilibre. A son tour, celui-ci conditionne la teneur des tissus en éléments azotés (solubles ou insolubles) et en glucides divers ... et donc la sensibilité de la plante vis-à-vis de ce que l'on peut appeler ses « parasites ».

#### **Influence des traitements pesticides.**

Il s'agit là d'un important sujet que nous avons déjà eu l'occasion de traiter largement par ailleurs (CHABOUSSOU, 1969 a) et que nous tenterons de résumer aussi brièvement que possible.

Tout d'abord, il nous paraît fondamental de mettre en garde contre cette conception assez communément répandue et selon laquelle seuls les produits systémiques seraient à même de pénétrer dans la plante et donc d'influer sur sa physiologie. En réalité, les divers produits utilisés dans la lutte phytosanitaire, qu'ils soient minéraux ou organiques, anticryptogamiques ou insecticides, sont susceptibles de pénétrer dans la plante et donc de retentir sur son métabolisme.

Très schématiquement, les pesticides peuvent entraîner trois types de répercussions : enrichissement de la plante dans les métaux ou les métalloïdes contenus dans la formule, et action positive ou négative sur la protéogénèse.

#### *Enrichissement de la plante en un métal ou un métalloïde*

Ainsi, les produits cupriques élèvent-ils la teneur des tissus foliaires en cuivre, tandis qu'après la pénétration dans la feuille, le soufre peut participer à l'élaboration de certaines protéines. Quant aux divers fongicides organiques, comme les dithiocarbamates, ils peuvent apporter à la plante : soufre, fer, manganèse ou zinc et à ce titre, ils peuvent éventuellement corriger les carences correspondantes.

Par ailleurs, nous avons pu montrer que sur vigne, le traitement aux esters phosphoriques (parathion, diazinon, carbophénothion) enrichissait les tissus foliaires en phosphore, important élément énergétique qui retentit nécessairement sur les processus métaboliques.

#### *Action positive des pesticides sur la protéogénèse : accélération et prolongation de la croissance.*

De nombreux pesticides - et particulièrement les produits organiques - peuvent agir par une action de type hormonal, sur les principaux processus physiologiques de la plante et notamment : respiration, transpiration, photosynthèse. Pour le détail de ces répercussions, nous renvoyons aux diverses mises au point déjà faites à ce sujet (BRUINSMA, 1965 - CHABOUSSOU, 1965, 1969).

Ainsi, le DDT à 0,1 p. cent exerce-t-il sur vigne une action positive sur la protéogénèse, action pouvant d'ailleurs retentir positivement sur la récolte. Très tôt après le traitement, on constate dans les feuilles une élévation du taux d'azote total et protéique, accompagnée d'une réduction, semble-t-il corrélative des glucides réducteurs.

Des répercussions analogues sont aussi fréquemment constatées avec le carbaryl et ceci aussi bien sur vigne que sur haricot ou pomme de terre.

Par ailleurs, de nombreux fongicides présentent une influence analogue, c'est notamment le cas sur vigne où les dithiocarbamates tels que le zinèbe et le manèbe élèvent, par rapport aux témoins, le taux de N insoluble dans la feuille avec également réduction des glucides réducteurs. Ajoutons que ces dithiocarbamates prolongent la végétation, retardant ainsi la sénescence, phénomène paraissant lié à un accroissement de la sensibilité aux maladies et ceci probablement en rapport avec l'élévation du taux d'azote et de glucides dans les tissus foliaires.

#### *Action négative des pesticides sur la protéogénèse : inhibition ou arrêt de la croissance.*

Les effets de brûlures ou de décoloration du feuillage pouvant être entraînés par les pesticides sont bien connus : la non-phytotoxicité constitue en effet la première condition exigée d'un produit phytosanitaire. Toutefois, des incidences plus insidieuses et susceptibles même de ne se manifester que plusieurs années après le traitement chez les plantes pérennes, peuvent également survenir. C'est le cas notamment de la nécrose hivernale des rameaux de pêcher, consécutive aux traitements à base de zirame, comme l'a montré GROSCLAUDE (1964).

Sur vigne, un traitement au début du mois de juillet et aux doses standard utilisées, le parathion (20 g PA/hl) et le carbaryl (100 g PA/hl) entraînent un arrêt de la protéogénèse. A l'analyse, une telle inhibition se traduit par une régression de N protéique et une majoration des glucides réducteurs dans les tissus foliaires (CHABOUSSOU, 1969 a).

De tels effets régressifs sur la protéogénèse ont d'ailleurs été également constatés par divers auteurs chez différentes plantes et avec une série de produits.

#### *Influence de la dose du produit, de l'époque des traitements et de l'état initial de la plante.*

Il faut bien préciser ici que les incidences d'un produit déterminé sur la physiologie de la plante sont fonction non seulement de la nature du pesticide et de sa dose, mais aussi de l'état initial de la plante. Or ce dernier est à son tour conditionné, à la fois par les facteurs génétiques, les conditions écologiques, le cycle physiologique annuel, enfin la nature du sol et des fumures.

Ainsi, ne faut-il pas s'étonner si les répercussions d'un produit utilisé à la même dose et sur une même plante, peuvent se montrer différentes - les conditions écologiques étant les mêmes - selon l'époque où l'on intervient ou le sol sur lequel le végétal s'est développé. Les fumures présentent notamment une grande importance et c'est ce que nous allons examiner maintenant.

#### *Influence du sol et de la fertilisation.*

**Maladies.** Les fumures ont été fréquemment mises en cause tant dans la sensibilité des plantes vis-à-vis des maladies que des insectes ou des acariens. Tout comme le

greffage ou les traitements pesticides, elles retentissent en effet sur la composition des tissus foliaires.

D'une façon générale, on peut dire que l'azote - ou plutôt son excès - accroît la sensibilité des plantes vis-à-vis des maladies cryptogamiques. C'est notamment le cas des rouilles, de l'oïdium du blé et de la vigne, de la tavelure du pommier, du mildiou et du *Botrytis* de la vigne, du *Sclerotinia* de la carotte, etc.

Par ailleurs, si dans l'état de nos connaissances, il est difficile de définir le niveau à partir duquel cet élément se trouve en excès, on sait qu'une même dose d'azote peut présenter des répercussions différentes selon la forme chimique sous laquelle il est utilisé. Ainsi SOL (1967) a-t-il pu expérimentalement démontrer que, sous forme ammoniacale, l'azote sensibilise beaucoup plus nettement la fève vis-à-vis du *Botrytis* que sous forme nitrique. (Phénomène qui paraît s'expliquer par la différence dans la composition des exsudats).

Ces résultats sont d'ailleurs entièrement confirmés par les recherches de WEISMAN (1964) concernant l'influence du rapport ammonium dans la solution de culture sur la nitrate

concentration protéinique dans les divers organes de la plante et la composition des exsudats. Or, il s'avère de plus en plus que celle-ci est étroitement liée, par l'intermédiaire de son influence concernant la germination des spores, à la sensibilité de la plante vis-à-vis des maladies (SHARMA et SINHA, 1970).

A l'inverse de l'azote, la plupart des auteurs s'accordent pour estimer que la potasse confère aux végétaux une meilleure résistance aux maladies. C'est notamment le cas de nombreux champignons parasites, par exemple : l'oïdium et le mildiou de la vigne, le *Monilia* de l'abricotier, les rouilles des céréales, le *Sclerotinia* de l'oignon et de la carotte et même certaines maladies physiologiques du pêcher.

Tout récemment enfin, on a pu mettre en évidence le rôle bénéfique du potassium vis-à-vis de certains effets néfastes des maladies à virus, comme la jaunisse de la betterave : la récolte en sucre croît en effet parallèlement avec le niveau de potassium, sur Citrus, les engrais potassiques réduisent les attaques du gaufrage.

**Attaques des insectes et des Acariens.** Un certain nombre de travaux font état de l'influence des fumures ou de la composition des solutions nutritives sur la susceptibilité des plantes vis-à-vis des acariens ou des insectes.

D'une façon générale, la multiplication des tétranyques est en liaison avec le taux d'azote dans les tissus foliaires : c'est le cas aussi bien pour *P. ulmi* que pour *T. urticae*. Toutefois, l'azote n'est pas le seul élément à jouer sur la reproduction de l'acarien et l'attractivité de la plante : comme nous l'avons signalé plus haut, les éléments «énergétiques» comme les glucides présentent aussi une grande importance.

C'est précisément sur cet équilibre N/glucides et par l'intermédiaire du rapport entre les éléments cationiques, qu'influent aussi bien le porte-greffe que les traitements

pesticides et les fumures. Ainsi FRITZSCHE (1961) a-t-il pu montrer sur haricot, qu'une carence en K entraîne une augmentation de la teneur des tissus foliaires en glucides et, consécutivement, la multiplication de *T. urticae*.

C'est par un phénomène analogue : inhibition de la protéogénèse et augmentation de la teneur des tissus foliaires en glucides réducteurs, que les produits organophosphorés (acaricides aussi bien qu'insecticides) entraînent les pullulations des diverses espèces du genre *Tetranychus* (Wafa et al. 1969 - CHABOUSSOU, 1970).

## LA CORRECTION PHYSIOLOGIQUE DE LA PLANTE COMME MOYEN DE LUTTE VIS-A-VIS DE SES RAVAGEURS ANIMAUX

### Nature des rapports plante-insecte.

#### Déséquilibres biologiques et immunité de la plante.

De tout ce qui précède, il ressort que les rapports entre l'insecte et la plante - pour laisser provisoirement de côté les maladies - sont principalement (bien que non totalement) de nature nutritionnelle. Or nous avons vu que la nutrition de la plante est à son tour conditionnée non seulement par sa constitution génétique, mais aussi par divers facteurs culturels tels que : greffage, fumures et aussi - ce que l'on ignorait ou sous-estimait jusqu'ici - traitements pesticides. L'étude de ces dernières répercussions démontre d'ailleurs que l'on ne saurait utiliser de façon rationnelle la lutte chimique si l'on ne tient pas le plus grand compte de ces incidences. Bien au contraire, la méconnaissance de ces phénomènes peut amener à des pullulations de ravageurs phytophages ou à des recrudescences de maladies.

Ainsi, ce que l'on qualifie communément de «déséquilibres biologiques» paraît bien résulter d'une concordance entre un certain état biochimique de la plante et l'optimum des besoins nutritionnels du ravageur en question.

Par contre, le processus contraire peut également survenir : par son action sur le métabolisme du végétal, tel produit peut entraîner une résistance vis-à-vis de tel insecte ou de tel champignon parasite. (C'est ce que l'on peut constater notamment par élevage, chez les tétranyques dont la fécondité peut être réduite par des traitements appropriés de la plante). Cependant, dans ces cas où la plante se trouve ainsi immunisée, on pense en général à une action directe, antagoniste, du pesticide vis-à-vis du phytophage, sans se demander s'il ne s'agirait pas d'une action indirecte par l'intermédiaire de la physiologie de la plante ? ... Et pourtant le simple fait que l'on ignore encore le mode d'action exact des fongicides classiques comme les produits cupriques ou le soufre devrait nous amener à réfléchir à cette importante question ...

Pour en revenir au problème de la défense des Citrus qui nous intéresse plus particulièrement ici, c'est celui de la lutte contre les cochenilles : *Aonidiella aurantii*, *Lepidosaphes beckii*, *Saissetia oleae*, etc., qui s'avère le plus important. Or, en nous basant sur les facteurs nutritionnels favorables à leur multiplication, on pouvait se demander si, par correction physiologique de la plante au moyen des fumures, il

n'était pas possible de briser cette concordance entre l'état biochimique des Citrus favorable aux pullulations de cochenilles, notamment dans le Rharb, et les facteurs nutritionnels de ces cochenilles. Effectivement, les premiers résultats obtenus dans cette voie sont, comme nous allons le voir, très encourageants.

#### Le conditionnement physiologique des Citrus comme moyen de lutte contre les cochenilles.

##### Correction des fumures.

Il nous a paru intéressant de mettre à profit l'expérimentation de fumure minérale, conduite depuis 1965 à Sidi Bouknadel (Maroc) par NADIR sur une parcelle de mandarinières. Ces essais - à l'origine purement agronomiques - avaient pour but de démontrer que l'apport massif de potassium dans le sol entraînait une augmentation de K dans les feuilles et corrélativement une diminution de Ca, ce dernier étant précisément en excès dans le sol. Les doses d'engrais appliquées à chaque arbre ont varié au cours du temps. Indiquons simplement ici que, par rapport aux témoins, les traitements ont été :  $\text{CO}_3\text{Ca}$ ,  $\text{SO}_4\text{K}_2$  et  $\text{NO}_3\text{K}$ .

Nous nous sommes proposé d'étudier les répercussions de ces divers traitements «fumure» sur la faune des phytophages en train de coloniser ces jeunes arbres et notamment sur les populations de cochenilles, d'acariens et de pucerons. Or ces observations confiées à Mme SKITARELIC - et qui, pour être pleinement profitables, devraient se poursuivre pendant un certain nombre d'années - ont déjà donné des résultats extrêmement intéressants, concernant en particulier deux espèces de cochenilles : *Lepidosaphes beckii* et *Saissetia oleae*.

**Multiplication de *L. beckii*.** Cette cochenille présente, dans la région de Rabat, quatre générations, une femelle pondant de 120 à 170 oeufs.

Comme le montre la figure 1, la croissance des populations au cours des trois premiers trimestres de 1970 est faible ; cependant on peut déjà constater que la multiplication est plus importante avec le traitement  $\text{CO}_3\text{Ca}$ .

Par contre, sur fruits à la récolte, les différences deviennent relativement considérables. Ainsi, enregistre-t-on par rapport aux témoins, une population triple sur les arbres du traitement  $\text{CO}_3\text{Ca}$ , tandis qu'elle est réduite presque de moitié par les «traitements potassiques» : nitrate et sulfate de potassium (figure 1).

Dès 1971, les différences s'accroissent encore, notamment sur brindilles et sur feuilles, les traitements potassiques ramenant les populations au tiers de celles des témoins (figure 2).

Or, il résulte du mécanisme de la multiplication des cochenilles, tel que nous l'avons étudié plus haut, que la régression des populations est liée à des facteurs nutritionnels, et vraisemblablement à la relative raréfaction des substances solubles dans la sève, en particulier des acides aminés. Effectivement, ce processus paraît bien se passer par l'intermédiaire de l'instauration dans la plante d'un nouvel équilibre cationique. Si nous rapportons la population de *L. beckii* sur fruits à la récolte, aux valeurs du

rapport  $\frac{\text{K}}{\text{Ca} + \text{Mg}}$  des écorces (\*), on constate que la régression des populations paraît bien en corrélation avec l'augmentation de ce rapport (figure 3).

Inversement, l'abaissement de ce même rapport par le traitement  $\text{CO}_3\text{Ca}$  se trouve en relation avec la multiplication de la cochenille par rapport aux témoins (figure 3).

**Multiplication de *Saissetia oleae*.** La multiplication de la «cochenille tortue» présente, en fonction des traitements, la même allure que celle de *L. beckii*. On enregistre en effet par rapport aux témoins, des régressions analogues de populations avec les fumures potassiques et une majoration - moins importante il est vrai - avec le traitement  $\text{CO}_3\text{Ca}$  (figure 4).

Par ailleurs, on peut remarquer qu'en valeur absolue, les populations de *S. oleae* sont très nettement inférieures à celles de *L. beckii*. Ce phénomène paraît être dû à la différence dans la biologie des deux espèces : alors que *L. beckii* présente, à Rabat, quatre générations annuelles, *S. oleae* n'en a guère qu'une ou deux. En outre, cette dernière espèce paraît beaucoup plus sensible à la sécheresse estivale.

Ainsi, ces résultats paraissent-ils bien démontrer, justifiant notre hypothèse, qu'une correction adéquate de la plante, en particulier grâce aux fumures potassiques, soit à même d'entraîner une régression sensible dans les populations de cochenilles.

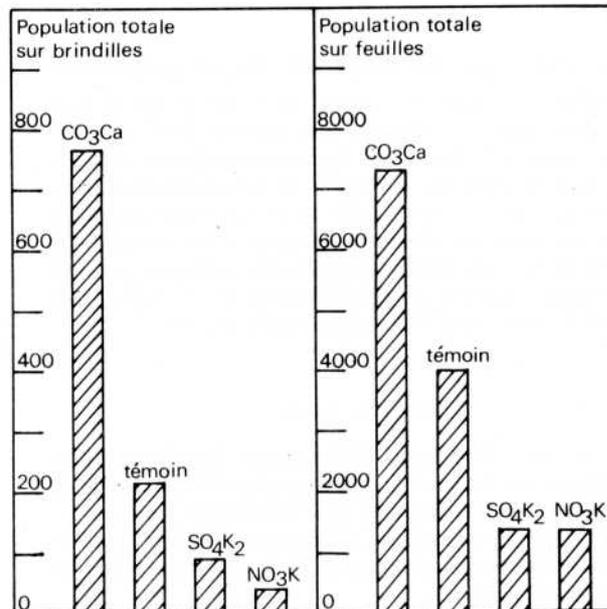
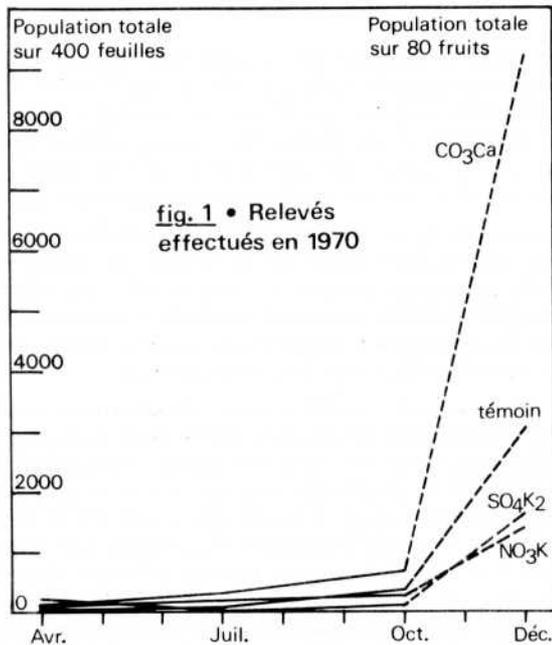
##### Pulvérisations foliaires.

Ce que l'on obtient par les amendements du sol pourrait l'être aussi vraisemblablement, bien que d'une façon peut-être moins accusée et moins durable, par des pulvérisations d'engrais foliaires.

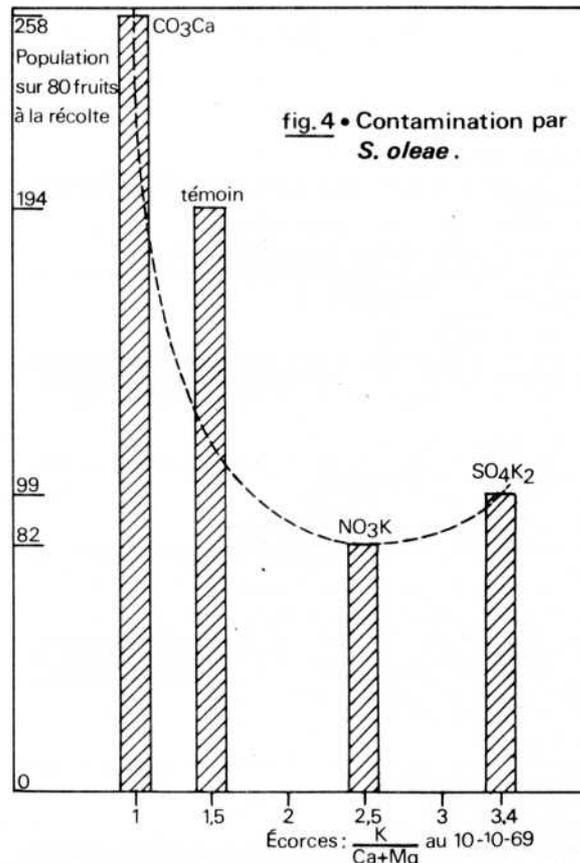
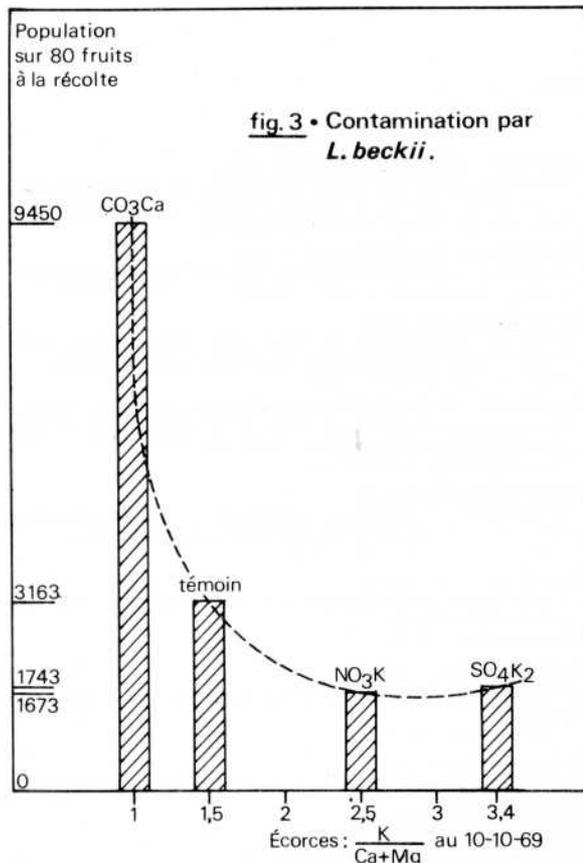
NADIR a pu montrer en effet, que dans les quinze jours suivant l'application de nitrate de potasse, un nouvel équilibre K/Ca s'instaure dans les feuilles de Citrus. De plus, fait important et assez inattendu, l'incidence de ces traitements sur le métabolisme de la feuille peut parfaitement retentir d'une année à l'autre.

De même, CALVERT et SMITH (1972) ont montré également sur Citrus que les effets des pulvérisations de sels potassiques sont plus rapides, plus importants mais de plus

\* - Précisons bien que les valeurs des rapports  $\frac{\text{K}}{\text{Ca} + \text{Mg}}$  figurant en abscisses des figures 3 et 4 ont été calculées à partir des chiffres d'analyses de NADIR concernant l'année 1969. Or, de toute évidence, il aurait fallu confronter les populations des cochenilles sur fruits en 1970 avec les valeurs correspondant aux analyses des écorces de la même année, données que nous ne possédons pas encore. Toutefois, depuis six ans que ces essais ont débuté, on peut présumer que la teneur des éléments cationiques doit tendre vers une certaine limite et ne doit plus sensiblement varier. Aussi peut-on présumer que les différences constatées entre les traitements - et que l'on retrouve du même ordre, aussi bien dans les feuilles et la pulpe des fruits que dans l'écorce - doivent être analogues d'une année à l'autre.



figures 1 et 2 Evolution des populations de *Lepidosaphes beckii* NEWMAN sur mandarinier, en fonction des différents traitements "fumure" par rapport aux témoins, en 1970 et en 1971. (Relevés de Mme SKITARELIC, Sidi Bouknadel).



figures 3 et 4 Contamination des fruits à la récolte par *Lepidosaphes beckii* NEWMAN et *Saissetia oleae*, sur mandariniers en 1970, selon les différents traitements "fumure" et en fonction du rapport  $\frac{K}{Ca+Mg}$  des écorces au 10 octobre 1969. (Relevés de Mme SKITARELIC, Sidi Bouknadel)

courte durée que les traitements du sol comparables.

En fait, des effets bénéfiques - sinon même spectaculaires - ont déjà été obtenus par certains praticiens sur Citrus, grâce à la fois à des fumures appropriées et à des pulvérisations d'engrais foliaires et autres substances. Ce qui montre bien que, même conduits d'une façon plus ou moins empirique (mais aboutissant néanmoins à une élévation du rapport K/Ca dans les feuilles), de telles pratiques peuvent rapidement apporter de très intéressants résultats. (voir CHABOUSSOU, rapport V, mission au Maroc).

### CONCLUSIONS

En résumé, l'étude du déterminisme des déséquilibres biologiques nous a conduit à cette notion fondamentale de la primauté du « terrain » au sens de substrat nutritionnel constitué par la plante-hôte, concernant à la fois la multiplication des ravageurs animaux et le développement des champignons parasites.

Concernant la médecine humaine, on a pu dire que la grosse erreur de la thérapeutique moderne a été d'étudier la maladie en elle-même sans se préoccuper du terrain aux dépens duquel elle évolue. Or il paraît bien en avoir été de

même dans le domaine de la pathologie végétale et de l'entomologie agricole. Certes, il faut en voir la raison dans les difficultés soulevées par l'étude du problème des relations plante-insecte ou plante-champignon parasite. Cependant, cela ne justifie pas pour autant qu'il ne faille pas l'aborder, même avec des moyens relativement restreints.

Nous estimons en effet que les résultats obtenus chez les Citrus, dans la lutte contre les cochenilles au moyen des fumures, ne peuvent que nous encourager dans cette voie. Il nous paraît d'ailleurs éminemment souhaitable que nos essais soient non seulement activement poursuivis au Maroc, mais aussi repris dans d'autres régions de citriculture.

Il ressort aussi de l'ensemble de ces considérations qu'une étroite collaboration est absolument nécessaire entre phytopathologistes, agronomes, entomologistes, biochimistes et spécialistes de la physiologie végétale. De toute façon, il paraît maintenant bien démontré qu'à côté de la lutte chimique qui vise la destruction du ravageur par action directe et de la lutte biologique mettant en oeuvre l'insecte contre l'insecte, il y a place pour une troisième voie qui réside dans la correction physiologique de la plante. Nous sommes persuadé, quant à nous, qu'elle ne saurait que se développer pour constituer dans un avenir peut-être proche, une méthode de lutte tout aussi élégante - sinon davantage - que celles qui l'ont déjà précédée.

### BIBLIOGRAPHIE

- ASLY (O.J.). 1965.  
The relationship of zineb, sevin and others to mites and scales in Lebanon.  
*Soc. Libanaise Agric. Chem.*, Beerut, Lebanon.
- BAR-AKIVA (A.), STILLERS (V.) et PATT (J.). 1972.  
Effects of rootstocks, of clones and nucellar scions on the mineral composition of citrus tree leaves.  
*J. Hort. Sci.*, t. 47, 1, 73-79.
- BATIASCHVILI (I.D.). 1968.  
The influence of physiology of citrus plants (as feed plants) on the population of harmful mites in the humid subtropics of the USSR.  
*C.R. XIII<sup>e</sup> Intern. Cong. Entomol.*, 2-9 août 1969 (1971), t. II, 310-311.
- BEDFORD (E.C.G.). 1968.  
The biological control of the red scale: *Aonidiella aurantii* (MASK.) on Citrus in south Africa.  
*J. Ent. Soc. Sth. Afr.*, 31, n°1, 1-15.
- BLANC AICARD (D.) et BROSSIER (J.). 1962.  
Influence du porte-greffe sur l'équilibre cationique des feuilles de poirier.  
*16<sup>e</sup> Cong. Inter. Hort. Bruxelles*, t. 3, 48-53.
- BOVE (J.), BOVE (Colette) et RAVEUX (R.). 1957.  
Extraction, séparation et détermination de certains composés hydrosolubles (glucides solubles, acides carboxyliques volatils de C<sub>2</sub> à C<sub>6</sub> et acides aminés solubles) dans les plantules de diverses cultures de tissus de *Citrus limonum*.  
*Rev. Gen. Bot.*, 64, 572-591.
- BOVAY (E.). 1959.  
Diagnostic foliaire de la vigne et action du porte-greffe sur l'alimentation du Chasselas.  
*Revue romande*, 35-37.
- BRUINSMA (J.). 1965.  
Effects of pesticidal treatments on the chlorophyll content of plants parts.  
*Residue Rev. Germ.*, 10, 1-39.
- BURNS (D.P.) et DAVIDSON (R.H.). 1966.  
The amino acids and sugars in honeydew of the tuliptree scale: *Toumeyella lirioidendri* in the sap of its host yellow poplar.  
*Ann. Ent. Soc. Amer.*, 59, n°6, 1071-1073.
- CALWERT (D.V.) et SMITH (R.C.). 1972.  
Correction of potassium deficiency of Citrus with KNO<sub>3</sub> sprays.  
*J. agric. Food. Chem.*, t. 20, 3, 659-661.
- CHABOUSSOU (F.). 1967.  
Etude des répercussions de divers ordres entraînés par certains fongicides utilisés en traitement de la vigne contre le mildiou.  
*Vignes et Vins*, n°160 et n 164.
- CHABOUSSOU (F.), MOUTOUS (Gilberte) et LAFON (R.). 1968.  
Répercussions sur l'Oïdium de divers produits utilisés en traitement fongicide contre le mildiou de la vigne.  
*Rev. Zool. Agric.*, n°4-6, 37-49.
- CHABOUSSOU (F.). 1969 a.  
Recherches sur les facteurs de pullulation des acariens phytophages de la vigne à la suite des traitements pesticides du feuillage.  
*Thèse Fac. Sciences, Paris*, 238 p.
- CHABOUSSOU (F.). 1968.  
Compte rendu (1) de ma première mission au Maroc (21 novembre au 2 décembre 1968).  
*Document ronéotypé*.
- CHABOUSSOU (F.). 1969.  
Compte rendu (2) de ma deuxième mission au Maroc (28 mars au 5 avril).  
*Document ronéotypé*.
- CHABOUSSOU (F.). 1969.  
Compte rendu (3) de ma troisième mission au Maroc (15-25 octobre 1969).  
*Document ronéotypé*.
- CHABOUSSOU (F.). 1970.  
Compte rendu (4) de ma quatrième mission au Maroc (26 octobre au 9 novembre 1970).  
*Document ronéotypé*.

- CHABOUSSOU (F.). 1970.  
Sur le processus de multiplication des acariens par les acaricides phosphorés.  
*Rev. Zool. agr. et Path. vég.*, 33-44.
- CHABOUSSOU (F.). 1970 a  
Influence des pesticides sur la plante : conséquences écologiques.  
*Bull. Soc. Ecol.*, 3, 146-158.
- CHABOUSSOU (F.). 1970 b.  
La responsabilité de certains produits de synthèse utilisés contre le mildiou dans la recrudescence des attaques de la pourriture grise de la vigne.  
*Vignes et Vins*, n°189, 21-27.
- DELUCCHI (V.). 1965.  
Notes sur le pou de Californie (*Aonidiella aurantii* MASK.) au Maroc (*Hom. coccioidea*).  
*Ann. Soc. Ent. Fr. (N.S.)*, 1, 4, 739-788.
- DELUCCHI (V.)  
Maladies, troubles et ravageurs des agrumes au Maroc.  
*Editions INRA, Maroc.*
- FLESCNER (C.A.). 1952.  
Host plant resistance as a factor influencing population density of Citrus red mites on orchard trees.  
*J. Econ. Ent.*, XLV, 682-695.
- FRITSCH (R.). 1961.  
Einfluss der Kulturmassnahmen auf die Entwicklung von Spinnmilben gradationen.  
*Med. Land., Gent.*, 1088-1097.
- GROSCLAUDE (C.), DUPOUY (J.) et DELBOS (H.). 1964.  
Un accident grave sur le pêcher : la nécrose hivernale des rameaux.  
*Rev. Zool. agr.*, 4-6, 77-83.
- HART (W.G.) et INGLE (S.). 1970.  
Increases in fecundity of brown soft scale exposed to methyl parathion.  
*J. Econ. Ent.*, 204-208.
- HABIB (A.), SALAMA (H.S.) et AMIN (A.H.). 1972.  
Population of *Aonidiella aurantii* on Citrus varieties in relation to their physical and chemical characteristics.  
*Entomol. Exper. applic.*, t. 15, 3, 324-328.
- HENDERSON (C.F.) et HOLLOWAY (J.K.). 1942.  
Influence of leaf age and feeding injury on the Citrus red mite.  
*J. Econ. Ent.*, 683-686.
- HOFFMANN (M.) et SAMISH (R.M.). 1969.  
Free amino content in fruit trees organs as indicator of the nutritional status with respect potassium.  
*6th Int. Coll. on Plant. anal. and Fertili. problem.*
- JEPPSON (L.R.), COMPLIN (J.O.) et JESSER (M.J.). 1961.  
Factors influencing Citrus red mite populations on Navel oranges and scheduling of acaricide applications in southern California.  
*J. Econ. Ent.*, 54 1, 55-60.
- KOZLOVA (E.N.) et KURDYNKOV (V.V.). 1964.  
The effect of organo phosphorus insecticides on the development of Comstock's mealybug.  
*Trudy vses Inst. Zashch. Rast.*, 20, 21-24, Leningrad (in RAE, 1968 p. 320).
- LEBANANSKAS (C.K.), STOLZY (L.H.) et HANDY (M.E.). 1972.  
Protein and no protein amino acids : in Citrus leaves as affected by *Phytophthora* spp., root infestation and soil oxygen contents.  
*J. am. Soc. Hort. Sc.*, t. 97, 4, 433-436.
- MICHEL (E.). 1974.  
Prolifération anormale du puceron *Myzus persicae* élevé sur tabac traité à la phosdrine.  
*SEITA Annales* 1964, section 2, 183-196.
- NADIR (M.). 1965.  
Contribution à la détermination d'une fumure rationnelle des agrumes par l'analyse foliaire.  
*Al Awamia*, n°16, Rabat, 128-147.
- NADIR (M.)  
Les différentes formes de calcium et les antagonismes K-Ca, K-Mg et Ca-Mg dans les feuilles d'agrumes.  
*1<sup>er</sup> Colloque européen et méditerranéen sur le contrôle et l'alimentation des plantes cultivées.*
- NADIR (M.). 1970.  
Analyse foliaire des agrumes.  
*Document ronéotypé.*
- NADIR (M.)  
Description du gaufrage. Etat actuel des recherches concernant cette maladie et résultats indicatifs obtenus au Maroc permettant de limiter le pourcentage de fruits gaufrés.  
*Document ronéotypé*, 19 p.
- SHARMA (J.K.) et SINHA (S.). 1970.  
Effect of leaf exsudates of Sorghum varieties varying in susceptibility and maturity on the germination of conidia of *Colletotrichum gramimicola*.  
*Proc. Int. Cong. Newcastle upon Tyne*, 507-601.
- SOL (H.H.). 1967.  
The influence of different nitrogen sources on : 1- the sugar and amino acids leached from leaves and on ; 2- susceptibility of *Vicia fabae* to attack by *Botrytis fabae*.  
*Med. Rijk. Landw., Gent*, 768-775.
- STERNLICHT (M.). 1969.  
A study of fluctuations in the Citrus bud mite populations.  
*Ann. Zool. Ecol. Anim.*, 1, 2, 127-147.
- STEYN (J.J.). 1951.  
The effect of low calcium, phosphorus or nitrogen on the life cycle of red scale (*Aonidiella aurantii* MASK.).  
*J. Ent. Soc. S. Africa*, 14, 165-170.
- THOMPSON (W.L.). 1939.  
Cultural practices and their influences upon Citrus pests.  
*J. Econ. Ent.*, 32, 782-789.
- TSUGAWA (E.), YAMADA (M.), SHIRASAKI (S.) et OYAMA (N.). 1964.  
Studies on insecticides resistance on apple orchards pests. I - On the influence of acaricide application on *Panonychus ulmi* KOCH and on some others insects.  
*Jap. J. appl. Ent. Zool.*, 191-202 (in RAE) (en japonais).
- WAFI (A.K.), MAHER (A.), ZAHER (M.A.) et RASMY (A.H.). 1969.  
The influence of consecutive applications of acaricides on plant sugars and resulting effects on mite nutrition.  
*Bull. Ent. Soc. Egypt, Econ. Sci.*, n°3, 257-263.
- WALLACE (A.), NAUDE (C.J.), MULLER (R.T.) et ZIDAN (Z.I.). 1952.  
The roostock-scion influence on the inorganic composition of Citrus.  
*Proc. Am. Soc. Hort. Sci.*, 54, 113-142.
- WALLACE (A.), NORTH (C.P.) et FROLICH (E.). 1953.  
Interactions of roostock, soil pH and nitrogen on the growth and mineral composition of small lemon trees in a glasshouse.  
*Proc. Am. Soc. Hort. Science*, 62, 75-78.
- WEISMAN (G.S.). 1964.  
Effect of ammonium and nitrate solution on protein level and exsudates composition.  
*Plant. Physiol.*, 39, 947-951.
- WEISSMANN (L.) et MONTES DIAZ (M.). 1968.  
*Biologia Bratisl.*, 23, 2, 132-187.
- Les maladies des plantes. Modes de développement et méthodes de lutte.  
*Publication INRA*, 1971 (traduit de l'anglais).

