

LES FACTEURS CULTURAUX DANS LA RÉSISTANCE DES AGRUMES VIS A VIS DES RAVAGEURS

par

Francis CHABOUSSOU

Directeur de recherches honoraire à l'INRA

Chargé de Mission

I — LES PULLULATIONS DE TETRANYQUES ET DE COCHENILLES SUR CITRUS À LA SUITE DE DIVERS TRAITEMENTS PESTICIDES.

A — PULLULATIONS DE TETRANYQUES — Les multiplications de Tétranyques à la suite de l'emploi des pesticides de synthèse sur les Agrumes prennent fréquemment des allures catastrophiques. Dès 1950 au Maroc, notre collègue PERRET (communication personnelle), constatait, à la suite de traitement à base de D.D.T. sur orangers, non seulement de graves pullulations de *Tetranychus telarius*, mais aussi de deux espèces de Cochenilles : *Ceroplastes sinensis*, la Cochenille chinoise, notamment répandue dans les orangeraias de la plaine du Triffas, et de *Icerya purchasi* : la Cochenille australienne.

Cette dernière cochenille pouvant pulluler à la suite d'une seule campagne à base de parathion, contre le Pou rouge de Californie.

Après notre première mission au MAROC (1968), nous établissions une corrélation entre les multiplications d'acariens et de la Cochenille plate (*Coccus hesperidum*) et la lutte chimique contre le Pou de Californie (*Aonidiella aurantii*) seul ravageur important jusque vers 1955-1956.

En particulier, nous avons pu établir que l'emploi de divers produits organiques de synthèse tels que le parathion ou le carbaryl Entraînaient de brusques et importantes pullulations de Tétranyques : notamment de *Tetranychus cinnabarinus* dans le Gharb et de *Hemitarsonemus latus* dans la région d'Azemmour.

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

Toutefois, certaines proliférations anormales de Tétranyques avaient été enregistrées bien auparavant comme conséquence d'interventions avec des produits minéraux.

Ainsi : à la suite de traitement cupriques, THOMPSON (1939) a pu constater : non seulement des accroissements de populations de cochenilles et d'Aleurodes — sur lesquelles nous reviendrons — mais aussi de Tétranyques comme *Paratetranychus citri*.

Selon HOLLOWAY et al. (1942), les pulvérisations à base de zinc entraînent des accroissements significatifs des Acariens du *Citrus*. Ce phénomène a d'ailleurs été expérimentalement confirmé par FLESCHNER (1952) en même temps que cet auteur enregistrait des répercussions plus accusées et plus prolongées encore avec le D.D.T.

Plus récemment au LIBAN : ASLY (1965), signale que, dans de nombreux cas, divers pesticides tels que : *produits cupriques, sulfate de zinc, soufre*, peuvent accroître sensiblement les populations d'Acariens. Il souligne de même, les effets particulièrement nocifs des esters phosphoriques, le *parathion notamment*, multipliant les Tétranyques d'une façon démentielle !

Ce même auteur fait aussi remarquer que les *acaricides* eux-mêmes, après un premier effet passager de régression, peuvent provoquer des pullulations, comme l'ont expérimentalement démontré DOSSE et 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 conduits par WILLINSKY (CHABOUSSOU - 1970).

Ainsi : les pullulations d'Acariens sur *Citrus* posent-elles exactement le même problème que celles enregistrées sur les arbres fruitiers à feuilles caduques ou celles que nous avons eu l'occasion d'étudier sur vigne. Et ceci non seulement à la suite de traitements *insecticides*, contre les Vers de la grappe — et donc éventuellement nocifs vis-à-vis des ennemis naturels — mais aussi des *interventions fongicides* contre le mildiou (CHABOUSSOU - 1967) dont certaines — à base de *produits cupriques* — par exemple, sont cependant inoffensives vis-à-vis des prédateurs ou des parasites.

Nous nous proposons d'étudier le déterminisme de ces multiplications, comme celui des autres ravageurs, au cours du troisième chapitre de cette étude.

B — PULLULATION DE COCHENILLES.

THOMPSON (op. cit.) a également montré que, sur *Citrus* les traitements au moyen de produits cupriques entraînent non seulement des multiplications de *Paratetranychus citri*, mais aussi de l'Aleurode : *Dialeurodes citrifolius* et de la Cochenille blanche ou Cochenille farineuse des Agrumes : *Pseudococcus citri*.

Ces observations sont à rapprocher de celles de TSUGAWA et al. (1964) cette fois sur *pommier*, selon lesquelles les traitements à base de *chlorthalonyl* et de DMC (MITERAN) ont entraîné des pullulations du Pou de San José : *Aonidiella pernicioso*, et de *Pseudolacapsis pentagona*.

En ce qui concerne les répercussions des insecticides de synthèse, nous avons signalé plus haut les observations de PERRET selon lesquelles des pullulations de la Cochenille chinoise et de la Cochenille australienne ont été enregistrées à la suite de traitement à base de D.D.T.

Selon BEDFORD (1968) : en Afrique du Sud, dans la région de RUSTENBERG, en 1964 - 1967, les attaques de *A. aurantii* se sont montrées généralement plus graves dans les vergers ayant été traités une ou deux fois au moyen du *parathion*.

C'est d'ailleurs un fait bien connu, au MAROC, que les traitements à base de *parathion* entraînent des pullulations de la Cochenille plate : *Coccus hesperidum*. Dans le Souss, nous avons recueilli des indications selon lesquelles les traitements aux oléoparathions provoquent, s'ils sont fréquents, non seulement des pullulations d'Acariens, mais aussi de Cochenilles.

Enfin, HART et INGLE (1970) ont conduit d'importants travaux concernant les répercussions de divers insecticides — notamment phosphorés — sur *Coccus hesperidum*. Ainsi ont-ils pu expérimentalement démontrer que la multiplication de cette cochenille par le déméthyl-parathion résultait d'un tout autre processus que la destruction des ennemis naturels.

De tels faits posent donc le problème du processus de la multiplication des Cochenilles, tout comme celui des Tétranyques. Ces proliférations surviennent d'ailleurs bien souvent à la suite des mêmes traitements pesticides. D'ores et déjà : *les répercussions à terme* impliquent un processus d'ordre indirect, s'exerçant nécessairement par l'intermédiaire de la plante. Auparavant, nous allons voir confirmée cette conception en étudiant, en relation avec la physiologie de la plante, la sensibilité du *Citrus* vis-à-vis des Arthropodes piqueurs.

II — LA SENSIBILITE DES CITRUS VIS-A-VIS DES ARTHROPODES PIQUEURS EN RELATION AVEC LA PHYSIOLOGIE DE LA PLANTE.

A — PHYSIOLOGIE DES CITRUS ET SENSIBILITE VIS-A-VIS DES ACARIENS.

Dès 1942, HENDERSON et HOLLOWAY avaient remarqué, sans pouvoir en fournir d'explication satisfaisante, la rapide disparition d'importantes populations de *Panonychus (Paratetranychus) citri*, survenant dans des conditions naturelles.

En fait, ces A. ont montré que la fécondité de ces Tétranyques présente des différences hautement significatives *selon la condition physiologique de la feuille* : le nombre des œufs pondus en élevage sur feuilles jeunes ou d'âge moyen est en effet significativement plus élevé que sur vieilles feuilles. Ainsi s'explique le ralentissement de la multiplication des Tétranyques au fur et à mesure qu'intervient la sénescence du feuillage.

Concernant le même Tétranyque : *P. citri*, et confirmant pleinement ces données, JEP-SON et al. (1961) ont pu mettre en évidence, dans les vergers de Valencia, sur Citronniers, *une corrélation entre le niveau des populations de l'Acarien et les cycles de croissance du Citrus*.

Or, ces cycles eux-mêmes sont en relation avec les changements météorologiques et saisonniers. Ainsi certaines baisses de populations paraissent-elles corrélatives des périodes caractérisées à la fois par de hautes températures et de basses humidités.

Ces A. estiment, en effet, que de tels facteurs extrêmes du climat agissent non pas directement, mais par l'intermédiaire des notables changements qu'ils entraînent dans la physiologie de la plante. En concordance avec les résultats de HENDERSON et HOLLOWAY, JEPSON et al. (op. cit.) considèrent que la période la plus favorable pour la multiplication de cette espèce d'acariens coïncide avec l'époque de croissance des feuilles. Or, les deux principaux cycles de croissance des oranges NAVEL aux ETATS-UNIS, sont de mars à mai d'une part, et de septembre à novembre, d'autre part. Effectivement, ces deux périodes correspondent avec les maxima de population de *P. citri*.

Ainsi : les cycles saisonniers de croissance du *Citrus* s'avèrent comme les facteurs majeurs responsables des fluctuations de Tétranyques. Ces fluctuations saisonnières présentant, 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, les traitements acaricides de mars-avril maintiennent les populations d'acariens au-dessous du seuil de nuisibilité pendant 2 mois.*

Par contre, comme le font également observer JEPPSON et al. (op. cit.), les applications conduites en juillet-août et même en septembre, n'empêchent nullement les populations d'acariens d'atteindre des niveaux élevés durant l'automne et l'hiver. Et nous ajouterons même : au contraire. 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.

Au cours d'une de nos missions en 1970, au MAROC, on nous a également signalé les effets néfastes concernant les populations d'Acariens enregistrées avec un produit en principe cependant acaricide : constitué par un mélange de chlorofénétol et de chlorfensulfide. Dans les essais de M. WILLINSKY, ce même produit — ainsi d'ailleurs que l'ométhoate et le tétradijon ont nettement majoré les populations de *Brevipalpus* par rapport aux témoins, et ceci deux mois après le traitement, après un premier effet acaricide immédiat, mais fugace. Les pullulations ont été telles avec le traitement CPAS + BCPE qu'une abondante chute de feuilles en est résultée. Le fait que des répercussions analogues ont été constatées avec le même produit sur pommier, également au MAROC, montre bien la généralité de ce processus.

Concernant cette dépendance des Acariens vis-à-vis de la plante, des observations analogues ont été conduites par STERNLICHT (1969) sur *Aceria sheldoni*, l'acarien des bourgeons.

Cet Acarien s'installe de préférence sur les feuilles de 1 à 3 millimètres de longueur, ainsi que sur le méristème apical des bourgeons terminaux. Ces derniers, plus riches en substances de croissance, semblent influencer, selon l'A., la multiplication des acariens, en leur apportant de la « nourriture vitale ». (Il s'agit vraisemblablement d'éléments azotés).

Et c'est pourquoi les époques de croissance qui, chez la plupart des variétés de *Citrus*, surviennent, dans la région méditerranéenne, au cours de deux périodes : février-avril, puis août-septembre, s'accompagnent-elles du phénomène de la dispersion de ces acariens, ces derniers étant attirés par les jeunes organes.

B — PHYSIOLOGIE DES CITRUS ET SENSIBILITE VIS-A-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 sénescentes, est bien connue. Un tel préférendum 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*, WEISMANN et MONTES DIAZ (1968) ont précisé les bases biochimiques paraissant en relation avec le préférendum du Puceron noir de l'oranger : *Toxoptera aurantii* BOY. Selon ces A. il existe une étroite relation 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 de développement des aptères de cette espèce de puceron, d'autre part.

Les conditions trophiques seraient optimales lorsque la densité de la sève est au-dessous de 10 % — ce qui est précisément 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 — 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 %, elles se montrent inaptes à assurer un bon développement du puceron.

Ainsi se confirme-t-il que, chez les *Citrus*, 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.

C — PHYSIOLOGIE DES CITRUS ET ATTAQUES DES COCHENILLES.

Chronologiquement : le problème des Acariens — mais aussi celui de la Cochenille plate (*Coccus hesperidum*) — a succédé à celui du Pou rouge de Californie, le seul important jusqu'en 1955-1956.

Par ailleurs, certains observateurs avaient déjà souligné l'étroite relation des attaques de Cochenilles et d'Acariens. Or, il a été démontré, comme nous l'avons vu plus haut, que le problème des Acariens se trouvait lié à celui de la Cochenille par l'intermédiaire des interventions insecticides contre cet insecte, au moyen de produits organiques tels que le parathion ou le carbaryl. (Ces deux pesticides étant les plus fréquents à entraîner de tels déséquilibres biologiques, mais nullement les seuls comme nous l'avons vu plus haut).

Le problème fondamental concernant la protection des Agrumes réside donc dans la mise au point d'une lutte efficace et rationnelle contre les Cochenilles. Ce qui ne peut se faire que si, en dernier ressort, on connaît le déterminisme de leur multiplication.

Or en ce qui concerne plus précisément le Pou rouge de Californie : *Aonidiella aurantii*, — à l'origine des principales difficultés des agrumiculteurs du MAROC — le problème a été abordé d'une façon originale par STEYN (1951).

STEYN avait remarqué d'importantes variations dans la virulence d'*A. aurantii*, selon les différentes régions d'Afrique du Sud. Or, au lieu, comme on a tendance à le faire habituellement, d'imputer de telles différences à des facteurs climatiques, STEYN s'est demandé si de par sa composition chimique, la nature du sol ne constituait pas le principal facteur dans la dynamique des populations de la Cochenille ? Pour le vérifier STEYN conduisit des cultures de Citronniers sur sable, au moyen de solutions nutritives diversement carencées, notamment en Ca, P et N.

Sur les feuilles des sujets ainsi cultivés, il procéda à des élevages de Cochenilles, le critère choisi étant la durée d'une génération de larve à larve, de façon à déterminer dans quelle mesure celle-ci se trouvait éventuellement affectée par les différents traitements.

Les analyses concernant les mêmes types de feuilles : 2 des plus vieilles étant prélevées sur des plants âgés de 10 mois, ont donné les résultats suivants.

TABLEAU I — TAUX (ppm) DE MATIERE SECHE DES DIVERS ELEMENTS DU DIAGNOSTIC FOLIAIRE DES CITRUS EN FONCTION DES DIFFERENTS « TRAITEMENTS FUMURE »

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

Les plantes furent cultivées dans les solutions nutritives du 11 octobre 1943 au 11 décembre 1947, soit pendant 4 ans et 2 mois. Les résultats ont été les suivants, les élevages ayant été conduits sur des plantes âgées de 2 ans et 7 mois.

Avec le *bas niveau de calcium*, STEYN enregistre un *accroissement significatif de la période du cycle évolutif : de la larve à la larve.*

Or, au point de vue biochimique, il note que par suite de l'antagonisme entre *calcium* et *potassium*, la plus haute teneur de la solution nutritive en K correspond à une basse concentration de Ca dans les feuilles. En particulier avec le traitement « carence en Ca » : Ca et Mg sont tous deux réduits dans les feuilles, tandis que par rapport au témoin la concentration en K est doublée et comme le montre bien la valeur du rapport K/Ca. — Concernant la Cochenille : *les basses concentrations de Ca et de Mg dans les feuilles et les hauts niveaux de K restreignent donc le nombre de générations annuelles.*

— D'ailleurs, comme le fait remarquer l'A., ce phénomène se retrouve également en plein champ en Afrique du Sud, le potassium s'élevant dans les feuilles 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.

— Or les travaux de STEYN en Afrique du Sud peuvent, estimons-nous, être fructueusement rapprochés des recherches de NADIR au MAROC relatives 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, corrélativement, P, K et Na sont faibles.*

Cette haute teneur en calcium qui constitue un handicap pour les Agrumes, provient non seulement de la nature même du sol, mais aussi et surtout, estime NADIR, *des eaux d'irrigation.* Celles-ci contiennent en effet jusqu'à 80 milligrammes par litre de calcium sous forme de bicarbonate, soit 800 kg/ha d'apport : presque 4 kg par arbre.

Ainsi : *concernant certaines régions du MAROC, tout au moins, l'état physiologique des Citrus, du fait notamment de la haute teneur en calcium des eaux d'irrigation favoriserait le développement de la Cochenille.*

Ces conditions expliqueraient, en grande partie, la virulence d'*A. aurantii*, dans le Gharb.

D'autre part, *cette alcalinité du sol et des eaux d'irrigation entraîne des carences en oligo-éléments.* Celles-ci surviennent, en effet, dans des sols à pH soit trop faible, soit trop élevé. Or, *de telles carences concernant notamment le zinc et le fer sont précisément susceptibles de favoriser la multiplication des Cochenilles.* Ainsi les chercheurs de l'IFAC ont pu constater sur des Ananas cultivés sur des solutions nutritives carencées en zinc, des proliférations anormales d'une cochenille : *Diaspis boisduvali.*

— En définitive, on peut à juste titre, semble-t-il, se demander si la *nocivité des cochenilles et notamment du Pou rouge de Californie : non seulement au MAROC mais dans d'autres régions, ne serait pas intimement liée à un déséquilibre nutritionnel provenant de l'alcalinité des sols entraînant notamment un excès de calcium dans les tissus foliaires.*

— Bref, tout ce qui précède nous amène à nous poser la question des relations entre les facteurs nutritionnels offerts par la plante et la multiplication des ravageurs phytophages, et en la circonstance des arthropodes piqueurs des *Citrus.*

III — BIOCHIMIE DE LA PLANTE ET MULTIPLICATION DES ARTHROPODES PIQUEURS.

A — BESOINS NUTRITIONNELS ET COMPORTEMENT DE L'INSECTE.

Les récentes recherches — notamment sur les pucerons — concernant l'alimentation des insectes sur diète artificielle et leurs répercussions sur leur développement et leur reproduction nous ont apporté d'intéressantes précisions concernant leurs besoins nutritionnels.

Il ressort de ces travaux — dans le détail desquels nous ne saurions entrer ici — que chaque espèce d'insecte ou d'Acarien présente des besoins nutritionnels particuliers. La diète optimum paraissant caractérisée par un équilibre déterminé entre les glucides et les produits azotés.

D'autre part, si les facteurs nutritionnels ne paraissent pas entrer directement dans le phénomène d'*attractivité* de la plante, tout paraît indiquer — comme nous le verrons plus bas et confirmant en ceci les conceptions de THORSTEINSON — *que les produits nutritionnels sont cependant principalement à l'origine du comportement alimentaire de l'animal, c'est-à-dire de l'attaque de la plante.*

C'est dire — comme nous venons de le pressentir en analysant les travaux de STEYN — toute l'importance de l'état biochimique de la plante dans sa susceptibilité, aussi bien vis-à-vis des atteintes des insectes ou des Acariens, mais aussi des maladies.

Et c'est pourquoi allons-nous tenter de cerner ce problème de plus près, en particulier en ce qui concerne les arthropodes piqueurs, Cochenilles et Acariens, qui nous préoccupent plus particulièrement en la circonstance.

B — BESOINS NUTRITIONNELS ET MULTIPLICATION DES COCHENILLES.

— Peu de travaux ont été conduits concernant les besoins nutritionnels proprement dits des Cochenilles. Pour l'instant on en est réduit, pour étudier les rapports entre les *Citrus* et les *Coccides*, à considérer comme nous venons de le faire plus haut, les incidences du diagnostic foliaire sur la multiplication de ces insectes.

Nous venons de voir qu'un excès de *calcium* ou plus exactement un équilibre des éléments cationiques caractérisé par une certaine prédominance du *calcium* et du *magnésium* par rapport au *potassium*, entraîne des répercussions défavorables en favorisant la multiplication de *Aonidiella aurantii*.

Or, on peut rapprocher ce phénomène du fait mis en évidence par HOFFMAN chez les *Citrus* — aussi bien d'ailleurs que chez le Pommier, l'Abricotier, le Pêcher ou la Vigne (HOFFMANN et SAMISH - 1969) — *que les acides aminés s'accumulent dans les tissus chaque fois que la nutrition potassique est soit insuffisante, soit excessive.*

Par ailleurs, l'étude de l'A. confirme que *les besoins de la plante en potassium diminuent lorsque les niveaux de calcium dans le sol sont bas.* Inversement — peut-on semble-t-il, en conclure — les besoins en K sont plus élevés quand, comme au MAROC, les taux de calcium dans le sol sont hauts.

Ce fait confirme bien, d'ailleurs, *le rôle du potassium dans l'élaboration des protéines.* Les teneurs les plus faibles en acides aminés libres correspondent à une nutrition optimale en K et à *un maximum de croissance de la plante.*

BOVE 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 K et en glucides solubles.

Et c'est pourquoi — estimions-nous dès le début de nos travaux au MAROC — que la recherche d'une nutrition optimale du *Citrus* en potassium serait doublement bénéfique : d'une part, en assurant à la plante un maximum de croissance et de récolte, et d'autre part en provoquant une réduction dans la multiplication des cochenilles par la régression de la teneur en acides aminés libres et sucres, elle-même corrélative de l'établissement d'un optimum dans l'équilibre cationique.

En ce qui concerne les besoins nutritionnels des cochenilles en sucre, précisons que, grâce à des analyses comparées de la sève et du miellat, BURNS et DAVIDSON (1966) ont montré que la cochenille : *Toumeyella liriodendri* digère entièrement le *saccharose* de la sève.

Quant à la détermination du niveau optimum de K, ou plutôt de l'équilibre cationique souhaitable K - Ca - Mg, nous y reviendrons dans le dernier chapitre de cette étude, en étudiant les résultats obtenus avec différents types de fumure, et notamment les répercussions bénéfiques des fumures potassiques.

C — BESOINS NUTRITIONNELS ET MULTIPLICATION DES ACARIENS.

— Nous avons vu plus haut que la fécondité des Tétranyques présente des différences hautement significatives selon *la condition physiologique de la feuille*, et en particulier *selon leur âge*. (HENDERSON et HOLLOWAY - 1942).

Des constatations analogues ont été faites par BATIASCHVILI (1968) en Russie Soviétique, où les *Citrus* sont attaqués par 3 espèces de Tétranyques : *Panonychus citri* Mcg, *Phyllocoptura oleivorus* Ashm. et *Brevipalpus obovatus* Donn.

Ph. oleivorus, notamment, évite de se nourrir aux dépens des jeunes feuilles en voie de développement physiologique pour se concentrer sur les feuilles plus âgées et les fruits verts de ses plantes-hôtes : Citronniers, Mandariniers, Orangers. Ainsi : sur 100 feuilles *physiologiquement matures*, l'A. a pu dénombrer 16.830 individus alors que sur le même nombre de feuilles jeunes il n'a pu en compter que 228.

De même l'A. n'a pas rencontré de Tétranyques sur la végétation d'été. A remarquer que ces observations coïncident parfaitement avec les baisses de populations saisonnières, déjà signalées par JEPSON et al (op. cit.).

Posant en principe que cet acarien ne se nourrissait qu'aux dépens des huiles, BATIASCHVILI (op. cit.) a procédé à des analyses comparatives de feuilles jeunes et matures. Or il résulte de cette étude que les acariens évitent les jeunes feuilles, bien que ces dernières présentent les plus hautes concentrations en huile, tandis qu'ils *sont attirés par les feuilles physiologiquement matures présentant une teneur plus basse en huile*.

Bref ces travaux montrent bien que les populations des acariens se trouvent sous l'étroite influence du stade de développement des feuilles de *Citrus* et que d'autres facteurs que la teneur en huile entrent en jeu dans le préférendum et le potentiel biotique des acariens. Le fait d'être inféodés à *des feuilles physiologiquement matures* correspond d'ailleurs à ce que nous avons nous-mêmes constaté sur vignes pour *Panonychus ulmi*. Ceci étant vraisemblablement en relation avec la teneur de ces feuilles *en substances solubles*. C'est en effet à ce stade de maturité que la feuille exporte ces substances : acides aminés et sucres réducteurs.

En effet, comme les Cochenilles, pucerons, cicadelles et Aleurodes, les Acariens se nourrissent également de substances solubles. Ainsi peut-on présumer : comme pour les cochenilles — mais sans pour autant conclure qu'ils présentent identiquement les mêmes besoins — que tout facteur susceptible d'entraîner dans la plante un accroissement de protéosynthèse et, corrélativement, une régression des éléments solubles, se traduira automatiquement par un renforcement de la résistance vis-à-vis des acariens.

Inversement, chaque fois que dans la feuille la protéolyse l'emporte sur la protéosynthèse, on assiste au phénomène contraire — c'est-à-dire à la pullulation des acariens — notamment du genre *Tetranychus*. Or, si comme nous l'avons vu ceci peut survenir naturellement à un certain âge de la feuille, ou d'une façon plus générale, à certaines périodes du cycle végétatif de la plante, de tels déséquilibres peuvent 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. Toutefois, c'est toujours, répétons-le, la teneur des tissus ou de la sève en substances solubles qui joue principalement. Ainsi le genre *Tetranychus* nécessite pour son alimentation non seulement des substances azotées solubles (acides aminés), mais aussi ses exigences en glucides réducteurs paraissent également élevées, comme l'on montré les travaux de plusieurs auteurs (FRITZSCHE - 1961 ; Wafa et al. - 1969). Nous pensons montrer 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 de la nature des besoins nutritionnels des insectes et des acariens — et également des maladies — sur leur potentiel biotique, nous conduit donc tout naturellement à passer en revue les divers facteurs susceptibles d'intervenir sur le conditionnement physiologique et donc la résistance de la plante.

IV — LE CONDITIONNEMENT PHYSIOLOGIQUE DES CITRUS ET LEUR RESISTANCE VIS-A-VIS DES RAVAGEURS ANIMAUX ET DES MALADIES.

A — *Les facteurs en cause* — Parmi les divers facteurs susceptibles d'agir sur la physiologie et la biochimie de la plante, on peut distinguer :

1° — *Les facteurs intrinsèques* comprenant : *les facteurs génétiques, la nature du porte-greffe et l'âge des tissus ou de la plante.*

2° — *Les facteurs extrinsèques* parmi lesquels nous pouvons distinguer : *les facteurs climatiques et les facteurs culturaux.* Ces derniers comprennent, à leur tour : *la structure du sol, sa nature chimique, la fertilisation, enfin : les traitements pesticides.*

Or, le choix de l'essence fruitière et de la variété étant fait, l'arboriculteur ne peut guère que subir les répercussions relatives à l'âge des tissus ou aux facteurs climatiques. Par contre, il est le maître des *facteurs culturaux*. Toutefois peut-être ne les met-il toujours pas en œuvre avec le discernement souhaitable. Et ceci parce qu'il les utilise en ignorant, en général, les répercussions qu'ils peuvent entraîner sur le conditionnement physiologique de la plante et donc sur la résistance de cette dernière vis-à-vis des différents ravageurs et des maladies.

Nous passerons donc successivement en revue : l'influence *du greffage, des traitements pesticides*, et enfin des *fumures* et du *travail du sol*.

B — INFLUENCE DU GREFFAGE.

Cette pratique culturale présente sur la sensibilité du greffon vis-à-vis des insectes et des maladies une influence sans doute beaucoup plus considérable qu'on ne saurait le soupçonner (voir notre étude sur : Physiologie et résistance de la Plante).

La sensibilité du greffon aussi bien vis-à-vis des maladies que des Acariens paraît provenir d'une certaine « paresse » dans le processus de protéosynthèse, celle-ci se traduisant par une teneur plus élevée des tissus foliaires en substances solubles : notamment acides aminés libres.

Pour nous en tenir au cas des *Citrus*, WALLACE et al. (1953) soulignent bien d'ailleurs que les porte-greffes 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.*

Ainsi la *Tristeza* constitue-t-elle un excellent exemple de maladie d'arbre fruitier dans laquelle les combinaisons : porte-greffe - greffon jouent un rôle important. Les symptômes les plus graves apparaissent en effet lorsqu'un oranger est greffé sur Bigaradier. Aussi s'orientent-on dans la pratique vers des porte-greffes tolérants ou résistants tels que : oranger, *Poncirus trifoliata*, etc...

Quel est donc le déterminisme de ces perturbations induites par le porte-greffe dans le greffon ? Or qu'il s'agisse de Vigne (BOVEY - 1959 ; BOVAY et ISOZ - 1964) — d'arbres fruitiers à feuilles caduques (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 dans la sève l'équilibre cationique et en particulier le rapport : ions divalents/ions monovalents. Ainsi, par l'intermédiaire de la nutrition minérale, le métabolisme du greffon et notamment l'intensité de la protéosynthèse se trouvent-ils sous la dépendance du système racinaire. L'équilibre cationique conditionne notamment la teneur des tissus en éléments azotés (solubles ou insolubles) et en glucides divers... et par suite : la sensibilité de la plante vis-à-vis de ce que l'on peut appeler justement : *ses parasites.*

C — INFLUENCE DES TRAITEMENTS PESTICIDES.

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

— *Qu'ils soient minéraux ou organiques, anticryptogamiques, acaricides ou insecticides, les différents produits phytosanitaires sont susceptibles de pénétrer dans la plante et donc d'agir sur son métabolisme.*

Bien entendu, cette pénétration dépend de divers facteurs : notamment de la nature chimique du pesticide en cause et de sa dose, mais aussi de l'état initial de la plante et notamment du niveau de la pression osmotique des cellules.

Ainsi les pesticides peuvent-ils enrichir la plante dans le métal ou le métalloïde contenu dans leur formule : Cu - Fe - Zn - Mg - Mn - S - P, etc.

D'autres produits paraissent intervenir par la structure même de leur molécule : ainsi paraît-il en être, par exemple, des produits chlorés et notamment du DDT — dont on a précisément pu comparer l'action à celle des substances de croissance.

Les produits agissent ainsi sur les principaux processus physiologiques de la plante tels que : respiration, transpiration, photosynthèse, protéosynthèse. Toutefois, *un même produit n'entraîne pas nécessairement les mêmes répercussions dans tous les cas*. Celles-ci sont en effet fonction non seulement de la nature chimique du produit, mais aussi de la dose utilisée, de l'époque des interventions, et enfin de *l'état initial de la plante*.

Or, l'état initial de la plante, dépend, à son tour, de sa constitution génétique, des conditions écologiques, de sa nutrition et de l'âge des organes.

Quoiqu'il en soit, on peut schématiser en disant que par leur action sur le processus de protéosynthèse et de protéolyse, *les pesticides sont à même de modifier, d'une façon plus ou moins accusée et plus ou moins prolongée le rapport entre les substances azotées et les glucides*.

Il en est de même quant à la teneur elle-même dans ces deux catégories d'éléments. Ainsi, certains insecticides phosphorés comme le *parathion* et le *thiométon* augmentent-ils la teneur des tissus foliaires du Haricot en acides aminés essentiels tels que : *méthionine, valine, et tryptophane*.

— Quant au DDT : utilisé à 0,1 %, il exerce, aussi bien sur Vigne que sur Poirier, *une action positive sur la protéosynthèse*, action qui peut d'ailleurs retentir positivement sur la récolte. Très tôt après le traitement on constate en effet, dans les tissus foliaires, une élévation du taux d'azote total et protéique, accompagné d'une réduction, semble-t-il corrélative, des glucides réducteurs.

— Des résultats analogues ont été obtenus sur Poirier par KAMAL (1960).

— Or c'est vraisemblablement un tel effet positif sur le taux d'azote dans les feuilles qui se trouve en grande partie à l'origine de la multiplication des Tétranyques et notamment de *Panonychus ulmi* par le DDT (CHABOUSSOU - 1969).

— On sait toutefois qu'un même produit — comme le DDT, désormais interdit — peut entraîner des répercussions physiologiques et biochimiques de la plante très différentes selon l'état initial de cette dernière et notamment selon sa teneur en auxines.

Il paraît en être de même d'ailleurs pour les *insecticides et acaricides phosphorés* qui, utilisés dans la deuxième partie du cycle évolutif de la plante entraînent une inhibition de la protéosynthèse. En d'autres termes ils empoisonnent la plante tout comme il empoisonnent les insectes. Ce qui se traduit au niveau des tissus par *une accumulation d'acides aminés libres et de glucides réducteurs*.

Ainsi conçoit-on qu'un tel processus puisse sensibiliser la plante vis-à-vis des espèces du genre *Tetranychus* dont les exigences nutritionnelles coïncident précisément avec de hautes teneurs de ces substances solubles dans la plante. C'est notamment le cas des proliférations d'*Eotetranychus orientalis* étudiées par Wafa et al. (op. cit.) consécutives à l'application de divers acaricides tels que : *amidithion, formothion et déméton*, et corrélatives de l'élévation du taux des sucres et des acides aminés dans les tissus foliaires.

Ce phénomène de multiplication des Tétranyques à la suite de l'utilisation de divers esters phosphoriques par une action trophique indirecte paraît d'ailleurs un processus d'ordre général (DOBROVSKI - 1968 ; CHABOUSSOU - 1970).

En outre : des répercussions analogues surviennent également à la suite de l'emploi de nombreux fongicides — ou plutôt *anticyptogamiques* — (terme préférable car il ne préjuge nullement de leur mode d'action). De nombreux produits organiques comme le *manèbe* — peuvent entraîner, en début de végétation tout au moins, des effets nettement positifs sur la protéosynthèse.

Ainsi, par rapport aux témoins, enregistre-t-on dans la feuille et corrélativement semble-t-il : à la fois une élévation du taux d'azote insoluble et une régression des glucides réducteurs. (Ce qui nous a d'ailleurs amené à utiliser, comme critère de ces incidences sur la biochimie de la plante, le rapport Ni/ GR (Ni désignant l'azote insoluble et GR les glucides réducteurs).

D'autre part : tout comme les produits insecticides, *les anticyptogamiques entraînent aussi des répercussions différentes en fonction de l'état initial de la Plante et en particulier selon l'âge des feuilles.*

Pratiquement donc, ces incidences se trouvent-elles *sous la dépendance de l'époque des interventions, la reproduction des Tétranyques et notamment de l'Araignée jaune, (Eotetranychus carpini vitis)* se trouvant en relation avec une certaine prépondérance de la protéolyse sur la protéosynthèse dans la feuille.

Ainsi s'expliquerait que certains fongicides anti-oïdium comme le *dinocap* et le *binapacryl*, après avoir freiné le développement des Tétranyques par un effet toxique direct, pourraient le stimuler après coup, indirectement par un effet trophique (travaux OILB 1972).

Par ailleurs : en dehors des incidences des pesticides sur l'équilibre protéosynthèse / protéolyse, dans les tissus, on enregistre également, et corrélativement, semble-t-il, *des perturbations significatives dans les taux de K, Ca, Mg et P.*

Ainsi se pose la question de savoir si, en dépit de son caractère relativement sommaire, *le diagnostic foliaire* ne pourrait-il se montrer utile pour nous guider pour un conditionnement bénéfique de la plante. Et ceci : non seulement en vue d'une utilisation rationnelle des pesticides, mais aussi de la mise au point d'une *fertilisation optimum* : rendement et résistance paraissant en effet liées, à la condition, toutefois, de respecter certaines règles de fumures.

D — INFLUENCE DU SOL ET DE LA FERTILISATION

Nous avons fait, à ce sujet, une récente mise au point à laquelle nous renvoyons (CHA-BOUSSOU 1972). Nous voudrions simplement en donner ici les grandes lignes.

1° — *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. Ainsi la multiplication de *P. ulmi* est-elle liée au taux d'azote dans les feuilles, lui-même variable non seulement avec le cycle annuel de la plante mais aussi avec les fumures azotés.

D'une façon générale, en effet : la multiplication des Tétranyques est en liaison avec le taux d'azote dans les tissus foliaires. Et c'est aussi bien le cas pour *P. ulmi* que pour *T. urticae*. Toutefois *la forme de l'azote* et notamment la nature des acides aminés, joue nécessairement. D'autre part : l'azote n'est pas le seul élément nutritionnel à influencer sur la reproduction de l'acarien et l'attractivité de la Plante. Comme signalé plus haut, les aliments énergétiques comme les *glucides* présentent aussi une grande importance.

C'est précisément sur cet équilibre : azote/glucides et en corrélation avec la valeur du rapport des éléments cationiques qu'influent aussi bien : la nature du porte-greffe, les traitements pesticides et les fumures. Ainsi, pour ne citer qu'un seul exemple, FRITZSCHE (1961) a-t-il pu montrer que, sur Haricot, une carence en K entraîne une augmentation de la teneur des tissus foliaires en glucides et consécutivement : la multiplication de *T. urticae*.

Nous verrons plus bas comment peut être abordé le problème de la correction des fumures concernant les *Citrus* en vue de stimuler leur résistance vis-à-vis des Cochenilles.

2° — *Incidences sur les maladies* — Les fumures ont été fréquemment mises en cause tant dans la sensibilité des plantes vis-à-vis des maladies que des insectes, les fumures retiennent sur la composition des tissus foliaires et donc : sur la résistance de la plante.

— D'une façon générale, on peut dire, très brièvement, que l'azote — ou plutôt son excès — c'est-à-dire la formesoluble, 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...

A l'inverse de l'azote, la plupart des A. s'accordent pour estimer que la potasse confère aux végétaux une meilleure résistance aux maladies. A cet égard, il faut bien souligner qu'on est encore loin d'avoir démêlé les diverses influences pouvant se trouver à l'origine de certains dépérissements des *Citrus*. Ainsi CHADHA et al. (1970) considèrent qu'au Punjab, le dépérissement des *Citrus* est l'interaction de nombreux facteurs parmi lesquels ils placent les déficiences nutritionnelles et les mauvaises pratiques culturales.

Aussi peut-on se demander dans quelle mesure ces derniers facteurs ne seraient-ils pas à l'origine même du développement des *maladies* et des *insectes*, comme certains chercheurs le proclament de façon catégorique (PRIMAVESI). Et ceci d'autant plus qu'il suffit parfois d'un simple travail du sol pour faire régresser la nocivité de ces ravageurs.

E — INFLUENCE DES FAÇONS CULTURALES ET DU TRAVAIL DU SOL

FLANDRES (1970) a fait une excellente mise au point concernant les relations complexes entre l'état physiologique de la plante, les attaques des cochenilles et la régulation de leurs populations par les ennemis naturels.

Selon cet A., 2 phénomènes écologiques sont en étroite corrélation :

1° — Une résistance de la plante-hôte vis-à-vis du Coccide indigène, *physiologiquement induite par l'environnement*.

2° — Une résistance de la Cochenille vis-à-vis de la reproduction de l'Hyménoptère endoparasite, *physiologiquement induite par la plante-hôte*.

Dans le cadre de cette étude, c'est surtout le premier point que nous envisagerons.

L'A. rappelle en particulier, les travaux de THIEM (1938) concernant la dynamique des populations de *Lecanium corni*. Ceux-ci ont notamment montré que les régressions de la Cochenille sont en rapport avec celles des conditions physiologiques de la plante-hôte. Phénomène que THIEM a désigné sous le terme de « phéno-immunité de la plante ».

Ainsi, *L. corni* est-elle particulièrement sensible vis-à-vis de la condition de la plante-hôte ; de toute évidence, remarque FLANDRES, les plantes indemnes de Cochenilles sont physiologiquement différentes de celles infestées.

Or la *phéno-immunité vis-à-vis des Coccides survient dans des conditions météorologiques généralement considérées comme favorables à la croissance de la plante.*

C'est l'inverse dans des conditions édaphiques supposées défavorables ; Ainsi en est-il des *humidités excessives*, ou des *sècheresses prolongées* ou bien d'un *humus non convenable* ou d'un *faible émiettement du sol.*

TIEM (1938) a observé l'auto-nettoyage de plantes-hôtes abondamment attaquées.

Au point que *les sols peuvent être classés en « infectieux » ou en résistants* suivant le degré d'infestation par les Cochenilles des plantes qui y croissent. Les sols infectieux peuvent devenir résistants : aussi bien grâce à un drainage convenable, que par la mise en œuvre des fumures et des pratiques culturales appropriées.

En ce qui concerne *Saissetia oleae*, SWANE et DUGGAN (1928) ont observé que les attaques sur *Citrus* varient non seulement avec les différents districts, mais aussi selon les vergers. Cette variation se trouve sous l'influence de la *fertilisation*, de la *taille* et des *méthodes culturales.*

Les façons culturales pourraient agir par l'intermédiaire de la teneur en eau du sol. A certaines époques, celle-ci paraît un facteur déterminant dans les attaques des Cochenilles. On a pu remarquer, en effet, que *Aonidiella aurantii ne pullule que sur des arbres affaiblis.*

PRIESNER (1938) a observé que sur les plantes résistantes : *E. corni* est de plus petite taille et pond moins d'œufs que les hôtes susceptibles. On a pu constater *l'auto-nettoyage de plantes infestée dû à de simples changements dans les conditions de teneur en eau du sous-sol.*

PRIESNER observe également que *les arbres déjà fortement attaqués par une espèce de Cochenille peuvent être infestés, au même moment, par une série d'autres espèces de Cochenilles ou d'Insectes d'autres groupes. Il remarque aussi que même les insectes à pièces buccales broyeuses peuvent distinguer entre les plantes « faibles » et « fortes ».*

Selon THIEM, les changements *physiques* du sol (eaux stagnantes, sécheresse), interviendraient davantage même que la composition physique du sol dans ces phénomènes de *phéno-immunité.* Si les arbres du Caire souffrent énormément d'attaques de Cochenilles variées, ce serait parce qu'ils sont plantés sous asphalte.

De toute façon le processus direct interne doit, selon l'A., se trouver en relation avec *la composition chimique de la sève*, cette dernière dépendant à son tour principalement de la condition physique du sol.

A ce sujet, on peut précisément remarquer que *l'aération et la température sont les deux principaux facteurs présentant une action sur la synthèse protidique des racines.*

Ainsi : LABANANSKA et al. (1972) ont-ils établi que chez les *Citrus* mal approvisionnés en oxygène dans le sol, les feuilles contiennent significativement moins d'acides aminés protéiniques mais *plus d'acides aminés non protéiques* tels que : *lysine, arginine, acide aspartique* et *proline*.

Or les acides aminés, amides et amines représentent la plus grande partie des composés azotés solubles dans la plante, et leur rôle est fondamental car ils constituent les blocs de construction des protéines.

Aussi les nutritionnistes de la plante montrent-ils un intérêt croissant concernant l'effet de l'environnement du sol sur la plante. Ainsi au sujet des maladies : *KLOTZ et al. ont signalé qu'une bonne aération dans l'environnement des racines présente des effets hautement bénéfiques sur l'infestation des Citrus par Phytophthora.*

Un tel phénomène est vraisemblablement en relation avec la régression des substances azotées solubles dans les tissus, ce processus de résistance paraissant être d'ordre général. Nous allons étudier maintenant dans quelles mesure, une telle régression peut-elle se trouver induite par une fertilisation adéquate ou par des pulvérisations foliaires.

— LA CORRECTION PHYSIOLOGIQUE DES CITRUS COMME : MOYEN D'ABAISSE LE POTENTIEL BIOTIQUE DES COCHENILLES

A — RAPPORTS PLANTE-INSECTE ET RESISTANCE DE LA PLANTE

De tout ce qui précède — et comme nous pensons l'avoir déjà montré par ailleurs (CHA-BOUSSOU, 1972) — il ressort qu'entre la plante et l'Insecte les rapports, de nature nutritionnelle, sont fondamentaux. Or, comme nous venons de le voir : la nutrition de la Plante se trouve sous la dépendance, non seulement de sa constitution génétique, mais aussi d'une série de facteurs écologiques et culturels. Parmi ces derniers figurent notamment : greffage, fumures, façons culturales, traitements pesticides. Et tous sont susceptibles de retenir sur la composition de la sève.

Dans le cas des ravageurs des *Citrus*, on a pu remarquer que : Cochenilles, Pucerons, Jassides et Thrips sont, de même que les Acariens, supposés se trouver particulièrement sensibles vis-à-vis des changements dans la constitution interne de leurs plantes-hôtes. Et c'est pourquoi paraissait-il logique de chercher à renforcer la résistance des Agrumes vis-à-vis des Cochenilles grâce à des interventions d'ordre culturel. Et parmi celles-ci : la correction des fumures, les pulvérisations d'engrais foliaires et d'oligo-éléments, enfin le travail du sol.

Par ailleurs, nous pensons avoir montré que, vis-à-vis de ces Arthropodes piqueurs, la sensibilité de la Plante se trouvait en relation avec une plus haute teneur de la sève en certains acides aminés de nature non protéique et en glucides réducteurs. Or, *une certaine déficience dans la protéosynthèse* peut être entraînée par divers facteurs tels que : porte-greffe un déséquilibre ou une insuffisance des fumures. Aussi nous a-t-il paru fondamental de tenter tout d'abord de mettre en évidence des éventuels effets bénéfiques d'une correction des fumures. Nous sommes partis du fait qu'au Maroc — tout au moins dans certaines régions — de par la nature même du sol et de la composition des eaux d'irrigation, les vergers souffraient d'un excès de calcium (NADIR, op. cit).

B — REGRESSION DES COCHENILLES SUR MANDARINIERS PAR RAPPORT D'AMENDEMENTS POTASSIQUES AU SOL.

Il nous a paru intéressant de mettre à profit l'expérimentation de fumure minérale conduite par NADIR, à partir de 1965, sur une parcelle de mandariniers à Sidi Bouknadel (MAROC).

Ces essais, à l'origine d'ordre purement agronomique avaient pour but de démontrer qu'un apport massif de potassium dans le sol était susceptible d'entraîner une augmentation de cet élément dans les feuilles et, corrélativement, une diminution du calcium. Par rapport aux témoins, les traitements ont été : apports de CO_3Ca , SO_4K_2 et NO_3K , à raison de 3 kg par arbre et par an, dans la parcelle où ont été conduits les relevés.

Nous nous sommes proposé d'étudier les répercussions de ces divers traitements, à partir de 1970, sur la faune des phytophages en train de coloniser ces jeunes arbres et tout particulièrement sur les populations de Cochenilles. Les deux principales espèces observées ayant été : *Lepidosaphes beckii* et *Saisseria oleae*.

Quatre séries d'observations ont été conduites annuellement : mi-avril, mi-juillet, mi-octobre sur les feuilles et mi-décembre sur le fruit. Ces relevés ont porté sur deux arbres, sur les huit au total ayant reçu le traitement « fumures ». 50 feuilles, 10 brindilles et 10 fruits ont été examinés sur chacune des expositions : nord, ouest, sud, est : la moitié à l'intérieur, l'autre moitié à l'extérieur des arbres. Les observations ont eu lieu en surface à la loupe (1).

Les tableaux II et III donnent les résultats de ces observations.

TABLEAU II — EVOLUTION DES POPULATIONS DE *Lepidosaphes beckii* SUR MANDARINIER, EN FONCTION DES TRAITEMENTS « FUMURE » EN 1970

(Relevés de Mme SKITARELIC - Sidi Bouknadel).

Traitements	Nombre d'individus sur feuilles			Nombre d'individus sur fruits Décembre
	Avril	Juillet	Octobre	
Témoins	8	28	287	3.163
SO_4K_2	129	8	100	1.743
CO_3Ca	63	280	656	9.451
NO_3K	69	97	224	1.673

(1) — Ces relevés ont été conduits par Mme SKITARELIC, collaboratrice yougoslave à l'INRA, Maroc.

TABLEAU III — EVOLUTION DES POPULATIONS DE *Saisseria oleae* SUR MANDARINIER EN FONCTION DES DIFFERENTS TRAITEMENTS « FUMURE » AN 1970 - (Relevés de Mme SKITARELIC - Sidi Bouknadel).

Traitements	Observations sur feuilles (400)			Sur fruits (80) Décembre
	Avril	Juillet	Octobre	
Témoins	19	117	63	194
SO4K2	49	66	51	99
CO3Ca	30	81	45	258
NO3K	25	38	48	82

Les résultats obtenus en 1971 vis-à-vis de diverses Cochenilles et résumés dans le tableau IV confirment parfaitement ceux obtenu en 1970.

TABLEAU IV — RESULTATS DES OBSERVATIONS D'AVRIL 1971, A SIDI BOUKNADEL (Mme SKITARELIC).

Traitements	Nombre d'individus sur 400 feuilles			Nombre d'individus sur 80 brindilles		
	<i>L. beckii</i>	<i>S. oleae</i>	<i>P. ziziphi</i>	<i>L. bekii</i>	<i>S. oleae</i>	<i>P. ziziphi</i>
Témoins	4.009	75	132	216	38	104
SO4K2	1.386	54	54	90	33	20
CO3Ca	7.325	116	116	765	46	49
NO3K	1.372	33	33	41	13	?

Les figures 1 à 4 schématisent ces résultats.

Comme le montre bien la figure 1 concernant *L. beckii*, la croissance des populations au cours des trois premiers trimestres de 1970 sur feuilles, est faible ; cependant, on peut déjà constater que la multiplication est plus importantes avec le traitement CO 3 Ca.

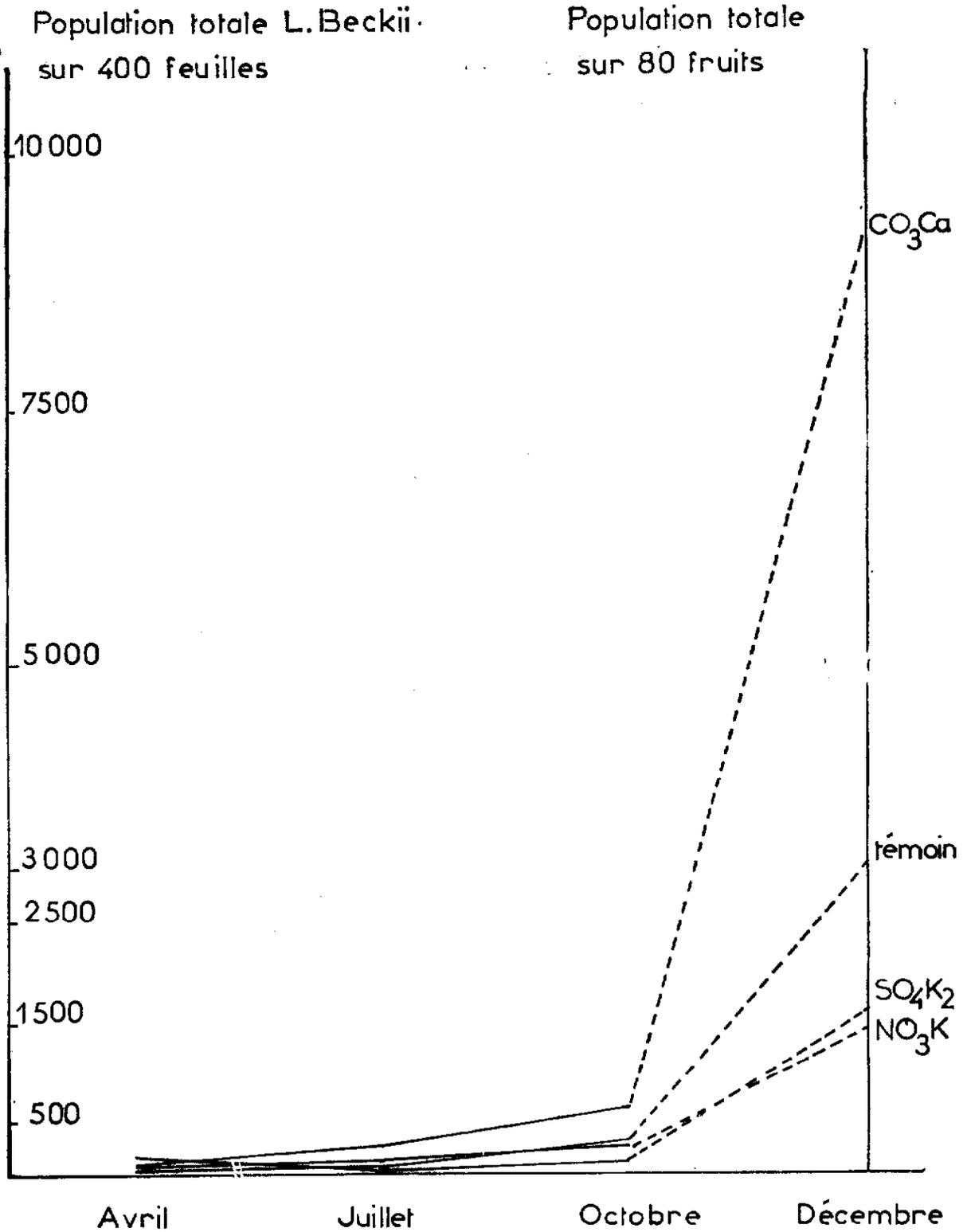


Fig. 1 - Evolution des populations de *Lepidosaphes beckii* Newman sur Mandariniers, selon les différents traitements "fumure" par rapport aux témoins. (Sidi-Bouknadel, 1970).

Par contre, les fruits à la récolte — sur lesquels se concentrent les insectes — les différences des populations entre les traitements deviennent relativement considérables. Ainsi enregistre-t-on, par rapport aux témoins, une population triple sur les arbres du traitement CO 3 Ca ; inversement, elle est réduite à presque moitié par les traitements « potassiques » : nitrate et sulfate de potassium. (fig. 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*. (fig. 2).

Quant à la dynamique des populations de *Saissetia oleae* (la Cochenille tortue), elle présente la même allure, en fonction des traitements que celle de *Lepidosaphes beckii*. Par rapport aux témoins, on enregistre en effet, des régressions analogues de populations avec les fumures potassiques et une majoration — moins importante il est vrai — avec le traitement CO 3 Ca (fig. 4).

Ces résultats montrent bien que le mécanisme de la multiplication des Cochenilles tel que nous l'avons étudié plus haut, se trouve effectivement lié — tout comme pour les autres insectes — à des *facteurs nutritionnels*. Autrement dit, les différences constatées dans les niveaux de population paraissent bien tenir à des différences dans la composition de la plante et notamment de la sève.

On peut donc supposer à juste titre, étant donné la nature des traitements et des répercussions, qu'une telle différence résulte de l'instauration dans la plante d'un équilibre cationique particulier à chaque traitement.

Effectivement, dès 1966, soit 10 mois après le début de l'essai, les analyses montrent déjà une élévation de K et une baisse de Ca dans les feuilles.

En 1969, les analyses de NADIR concernant les feuilles et les écorces ont donné les résultats portés dans les tableaux V et VI ci-après.

Populations L. Beckii en fonction du type d'âminement

Mandarinier Sidik Bouknadel 30/4/71

I. sur brindilles

II. sur feuilles

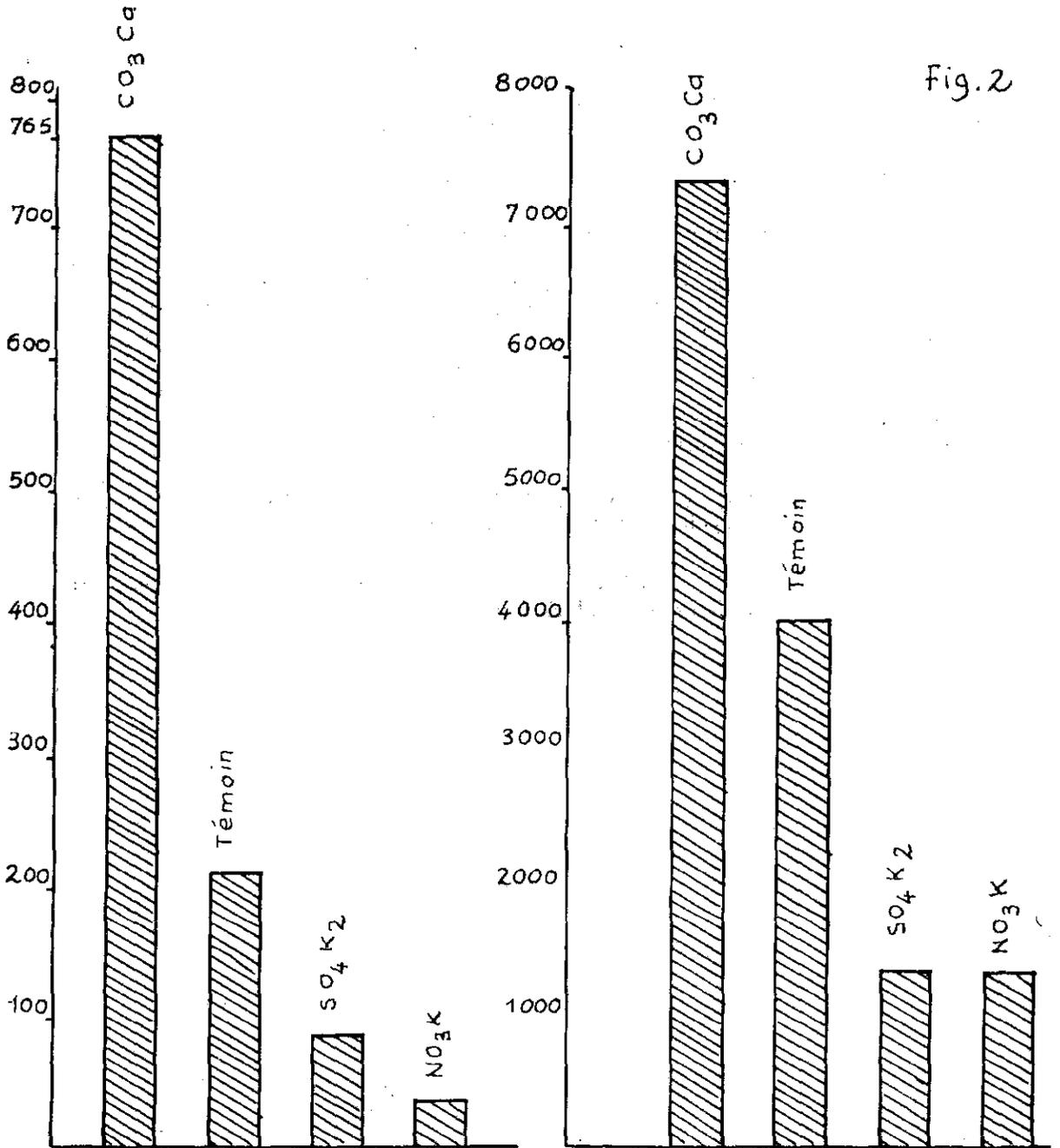


TABLEAU V — RESULTATS DES ANALYSES CONCERNANT LES FEUILLES DE MANDARINIERS EN FONCTION DES DIFFERENTS TRAITEMENTS « FUMURE » AU 10 OCTOBRE 1969.

Traitements	N	P	K	Ca	Mg	$\frac{K}{Ca + Mg}$
SO 4 K2	2,775	0,147	2,427	4,262	0,117	0,554
CO 3 Ca	2,596	0,127	0,787	5,724	0,298	0,130
NO 3 K	2,827	0,147	2,348	3,633	0,118	0,626
Témoin	2,626	0,119	0,739	5,572	0,256	0,126

TABLEAU VI — RESULTATS DES ANALYSES CONCERNANT LES ECORCES DE MANDARINIERS EN FONCTION DES DIFFERENTES « FUMURES » AU 10 OCTOBRE 1969.

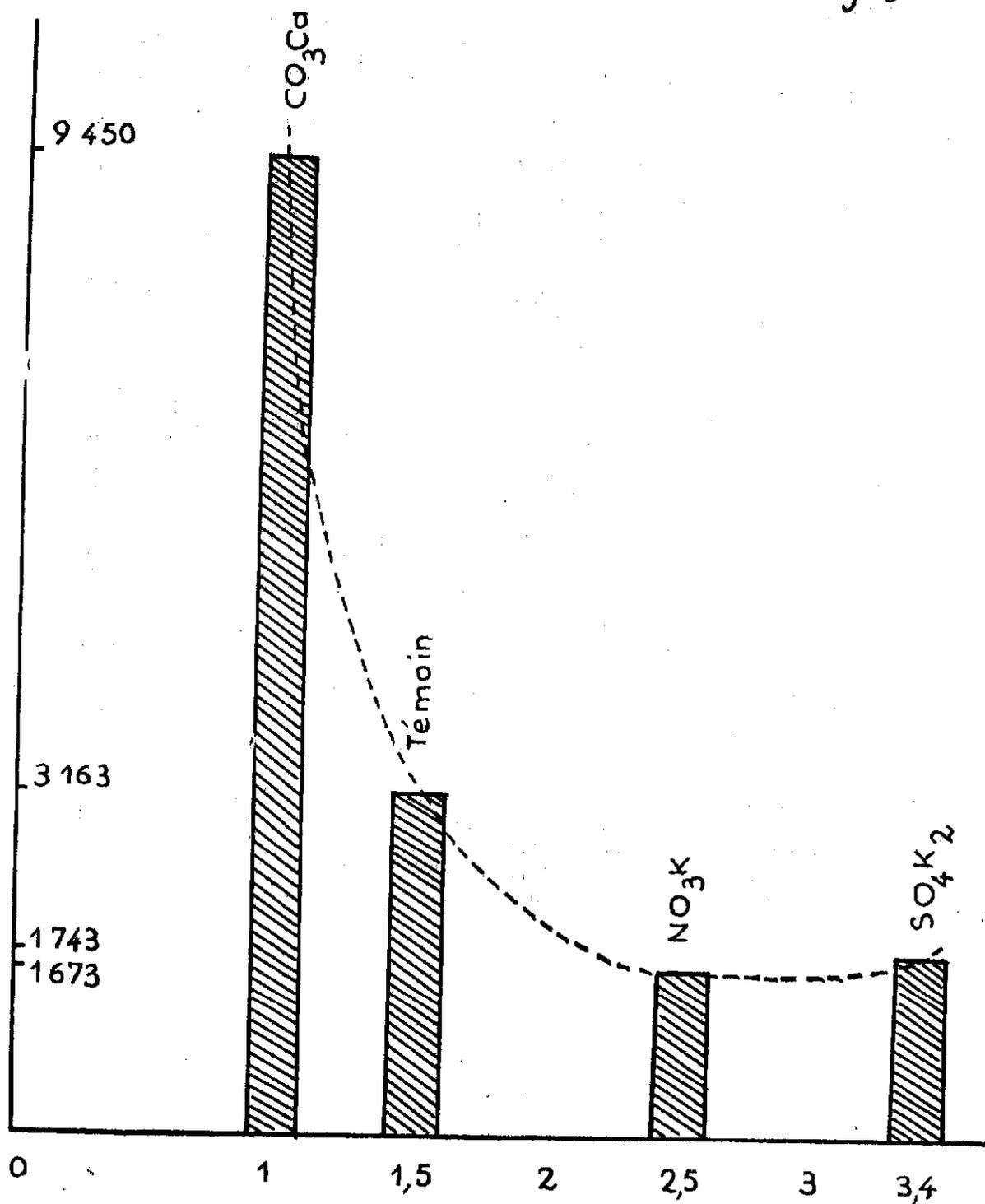
Traitements	N	P	K	Ca	Mg	$\frac{K}{Ca + Mg}$
SO 4 K2	1,309	0,102	1,629	0,420	0,052	3,451
CO 3 Ca	1,262	0,089	0,771	0,633	0,079	1,082
NO 3 K	1,297	0,094	1,374	1,374	0,053	2,511
Témoin	1,410	0,099	0,887	0,887	0,062	2,513

Ainsi peut-on constater que les traitements « potassiques » ont effectivement entraîné, par rapport aux témoins, une élévation du taux de K aussi bien dans les écorces de fruits que dans les feuilles. Corrélativement, on enregistre une régression des taux de Ca et Mg. Un nouvel équilibre cationique caractérisé par l'abaissement du rapport $K/Ca + Mg$ s'est donc instauré dans les arbres fertilisés par les deux types d'engrais potassiques.

Les figures 3 et 4 mettent respectivement en relation les population de *L. beckii* et *S. oleae* sur fruits à la récolte, en 1970 avec les valeurs du rapport $K/Ca + Mg$ des écorces tel qu'il avait été déterminé en 1969. Un tel rapprochement paraît valable, car on peut supposer qu'au bout de quatre années d'apports successifs des mêmes amendements, le diagnostic foliaire doit tendre vers une certaine limite et ne varier désormais que très peu.

Population de *L. Beckii*
sur 80 fruits à la récolte

Fig. 5



Ecorces: $\frac{\text{K}}{\text{Ca}+\text{Mg}}$ au 10/10/69

Population de L. Beckii
sur 80 fruits à la récolte

Fig. 3

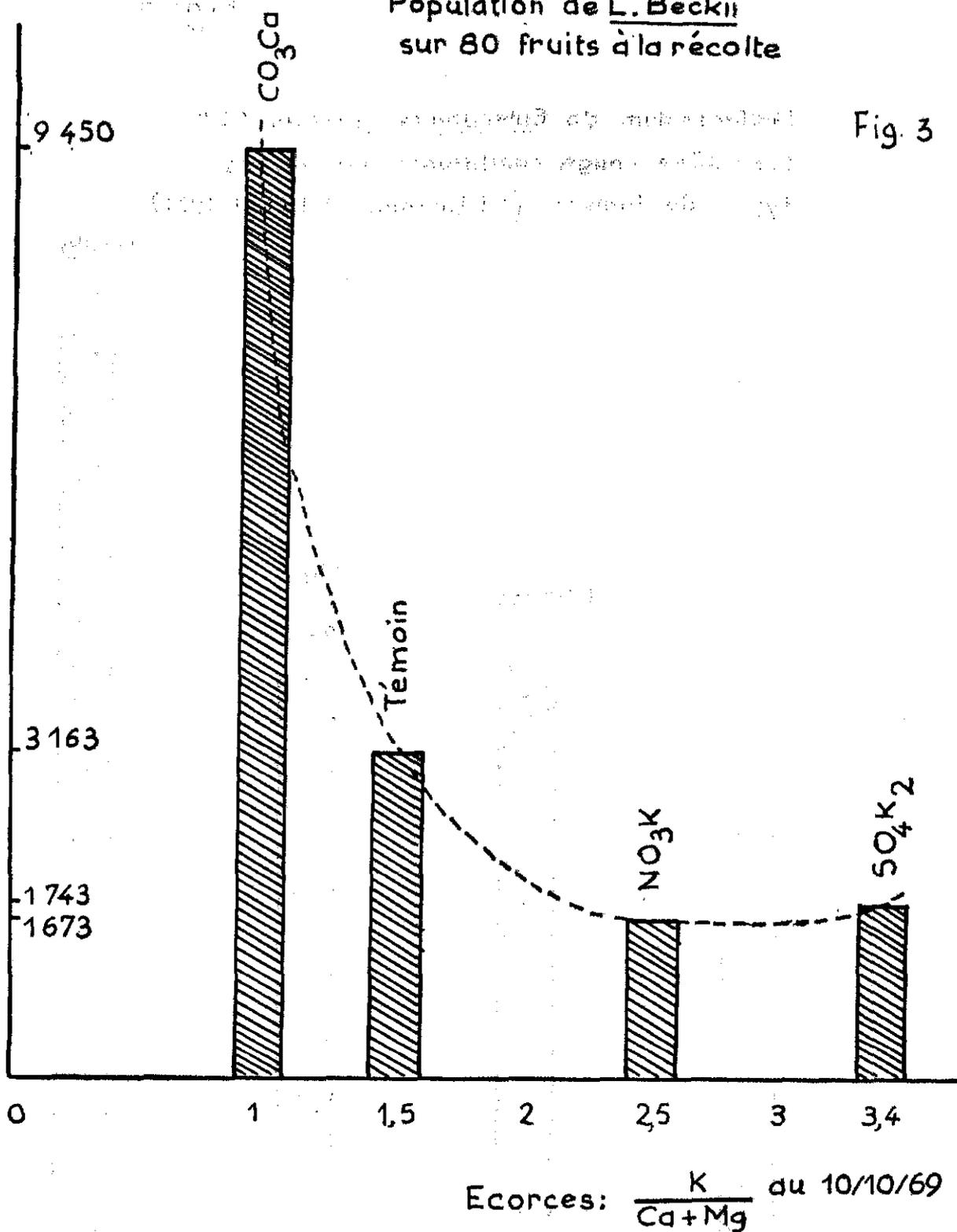
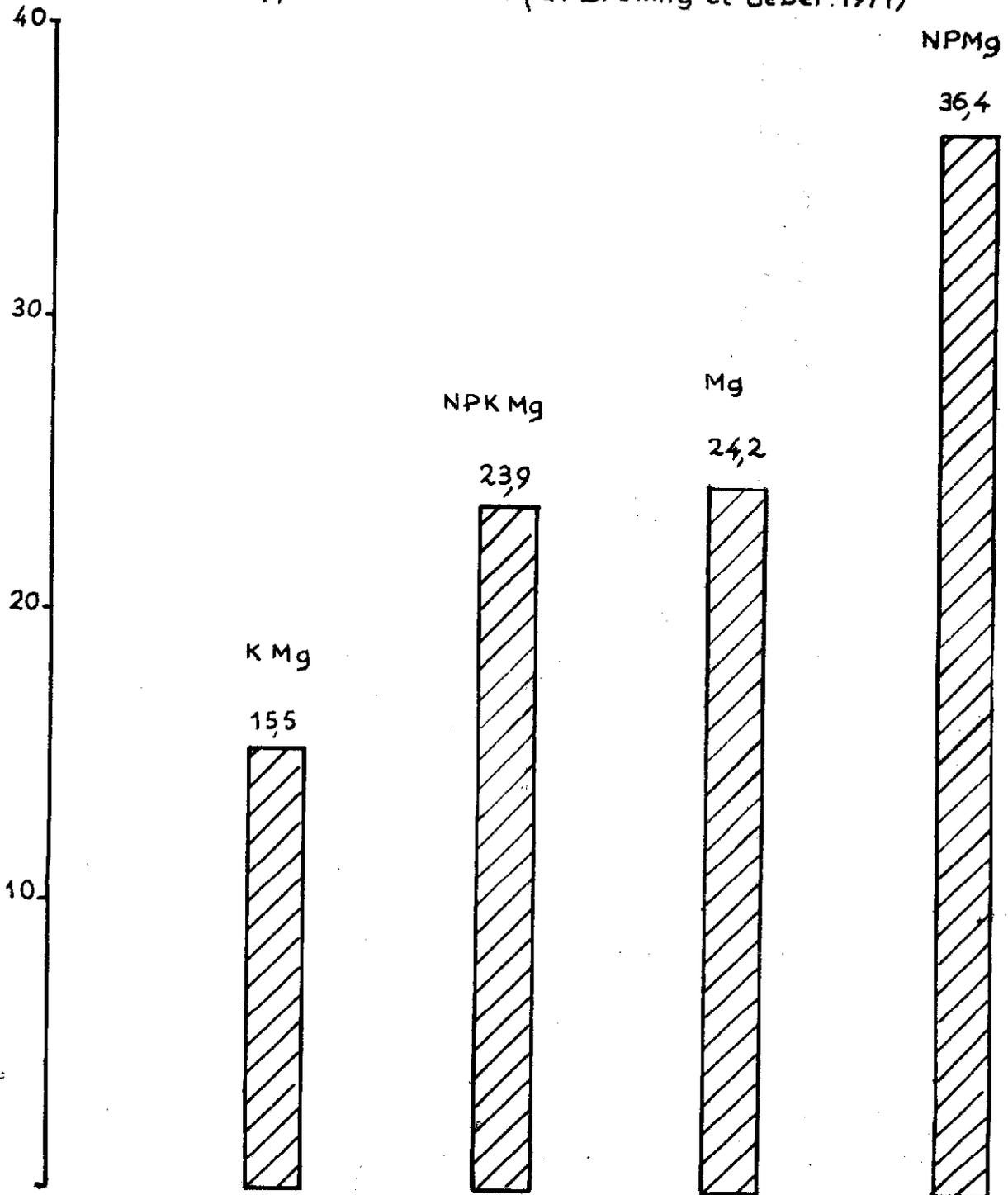


Fig. 3 - Contamination des fruits à la récolte par *Lepidosaphes Beckii* Newman en 1970 selon les différents traitements "fumure" et en fonction du rapport $\frac{K}{Ca+Mg}$ des écorces (10 octobre 1969) (Sidi-Boukradel - Mandariniers).

Fig. 5

Preferendum de Eulecanium rufulum Ckll.
sur Chêne rouge conditionné par divers
types de fumure. (Cf. Bruning et Uebel 1971)



Ainsi paraît-il bien démontré que la régression des populations de ces deux espèces de Cochenilles se trouve en corrélation avec l'augmentation du rapport cationique $K/Ca + Mg$ dans l'organe en question.

Un tel équilibre cationique instaure donc dans la plante un état biochimique nutritionnellement défavorable au potentiel biotique de ces insectes. Comme l'a déjà démontré STEYN, on peut penser à un *allongement du cycle évolutif*. Toutefois, la biochimie des *Citrus* doit retentir également sur la fécondité. FLANDERS (op. cit.) a en effet bien souligné que celle-ci se montre nettement plus faible sur la plante résistantes.

En outre, il est vraisemblable qu'en corrélation avec ces deux facteurs de multiplications, cette modification de la physiologie des *Citrus* doit également se répercuter sur l'attractivité de la Plante vis-à-vis de la Cochenille. Ainsi, concernant le préférendum des cochenilles en fonction des différents organes, DELUCCHI (1965) a pu faire remarquer qu'en automne et dans le *Gharb*, la densité du Pou de Californie se trouve toujours plus élevée sur fruits que sur feuilles ou sur branches. Or ce phénomène étant vraisemblablement d'ordre chimiotropique, il paraît assez logique de supposer qu'un processus analogue puisse jouer dans le préférendum des Cochenilles vis-à-vis de plantes entières diversement conditionnées physiologiquement.

DELUCCHI souligne aussi que « seule, les populations localisées sur fruit sont aptes à survivre aux conditions climatiques sublétales ou létales ». Ce qui montre bien l'importance de l'alimentation de l'insecte dans sa résistance à la destruction par les agents externes et donc, en définitive, sur sa virulence.

Ainsi, ne pensons-nous pas sortir de notre sujet en donnant les résultats obtenus vis-à-vis d'autres espèces de Cochenilles sur un arbre à feuilles caduques tel que le chêne : ils nous confirment en effet parfaitement dans le bien-fondé de cette conception.

C — NIVEAUX DE POPULATIONS DE L'*Eulecanium* DU CHENE EN FONCTION DE DIFFERENTS TYPES DE FUMURE.

BRUNING et UBEL (1969-1971) ont conduit, sur Chêne rouge (*Quercus rubra*) croissant dans les sols sableux pauvres en K et en Mg, des plaines de l'Allemagne du Nord-Est, des essais de fertilisation potassique, avec observations sur la densité de population de *Parthenolecanium (Eulecanium) rufulum* et de *P. corni* sur *Robinia pseudo-acacia*.

Or les relevés dans la nature ont montré une nette gravité des attaques sur toutes les parcelles carencées en K, et surtout en présence d'un excès d'azote.

Quant aux tests de préférendum conduits en laboratoire sur feuilles de Chêne rouge provenant de quatre « traitements fumure » ; ils ont donné les résultats mentionnés dans le tableau VII et corroborés par la figure 5.

TABLEAU VII — REPARTITION DE *Eulecanium rufulum* sur feuille de CHENE ROUGE.

Traitements	K Mg	N P K Mg	Mg	N P Mg
Pourcentages d'insectes	15,5	23,9	24,2	36,4

Ainsi, comme le soulignent les A. : *les Cochenilles ont-elles montré une nette préférence pour les feuilles provenant de parcelles la fois riches en azote et pauvres en potassium.*

Inversement : les engrais potassiques ont exercé une influence dépressive concernant la contamination des feuilles par *E. rufulum*. Au bout de deux années de fumures, les A. notent qu'avec les engrais potassiques (K-Mg, N-P-K-Mg), les larves se sont trouvées dans les conditions de vie tellement défavorables qu'elles n'ont pu ni évoluer, ni se multiplier. Elles ont même complètement disparu de la parcelle K-Mg.

Par contre, l'accroissement de la population est très net dans le cas de la carence en potassium. BRUNING et UEBEL (op. cit.) écrivent : « la potasse a donc limité d'une façon très importante — même en présence d'une forte dose d'azote qui favorise les populations — le développement de l'*Eulacanium* du Chêne ».

Ajoutons que de telles conditions impliquaient vraisemblablement un *minimum d'azote soluble dans les tissus* : d'où la résistance d'ordre trophique, présentée par la plante.

Par ailleurs, les relevés conduits en plein champ ont pleinement confirmé les testes de laboratoire ; les résultats ont été les suivants :

1° — Moindre densité de population des Cochenilles dans la parcelle K-Mg, allant de pair avec la plus forte croissance des arbres.

2° — L'apport d'une fumure N-P supplémentaire (parcelle N-P-Mg) à la parcelle carencée en K, *double le nombre de Cochenilles*, comme cela était le cas pour le test d'alimentation sélective en laboratoire.

Le tableau VIII donne le détail des résultats.

TABLEAU VIII — POPULATIONS DE LA COCHENILLE *E. rufulum* SUR CHENE ROUGE EN FONCTION DES FUMURES.

Traitements	K Mg	N P K Mg	Mg	N P Mg
Cochenilles pour 10 cm de bois	0,72	0,82	4,32	8,78

De tels résultats confirment donc entièrement nos propres résultats obtenus sur *Citrus* au Maroc. Ils montrent bien que *préférendum* et *potentiel biotique* des Cochenilles sont liés. Aussi paraît-il fondamental que de telles recherches soient poursuivies sur les *Citrus*. Sur la base des résultats déjà acquis, nous allons examiner de quelle façon et dans quelles directions pourraient être mis en œuvre recherches et essais de ce genre.

VI — PERSPECTIVES CONCERNANT LA STIMULATION DE LA RESISTANCE DES CITRUS GRACE A UNE FERTILISATION ADEQUATE.

A — CONVERGENCE DES VALEURS DU DIAGNOSTIC FOLIAIRE CONCERNANT RENDEMENTS ET RESISTANCE VIS-A-VIS DES COCHENILLES.

Les résultats — fort encourageants — concernant les effets bénéfiques des amendements potassiques, corrigeant les inconvénients d'un excès de calcium dans le sol, sur la résistance des *Citrus* vis-à-vis des Cochenilles, posent cependant la question de savoir dans quelle mesure ce type de fertilisation est conciliable avec la production.

Or, il ne semble nullement que résistance et rendement soient incompatibles, bien au contraire. Ainsi CALVET et SMITH (1972) soulignent-ils les inconvénients des excès de calcium dans les sols. Ces derniers entraînent en effet, une chute prématurée des fruits qui demeurent petits, à peau fine et à de hautes teneurs en sucre. A l'analyse, on constate que la teneur des feuilles de tels arbres n'est que de 0,56 à 0,84 de K. Or, selon NADIR (1974) un bon rendement exige K 1 % et K N. Le calcium paraît en effet freiner la pénétration de l'ion K au niveau des racines.

Il se confirme donc qu'une correction de l'équilibre cationique grâce à des amendements potassiques ne saurait être que bénéfique. D'une façon générale d'ailleurs — et les *Citrus* ne paraissent nullement faire exception à la règle — protéogénèse et résistance de la plante vis-à-vis des ravageurs animaux et des maladies paraissent aller de pair. (1).

Or, à son tour, la protéosynthèse se trouve, en partie tout au moins, sous la dépendance d'un équilibre déterminé entre les différents éléments cationiques. Au cours du précédent chapitre, nous avons vu comment une correction de cet équilibre dans le sens d'une élévation du rapport $K/Ca + Mg$ s'est contrée favorable à la résistance des mandariniers vis-à-vis de *L. beckii* et de *S. oleae*. Il s'agit donc de vérifier dans quelle mesure une telle modification de l'équilibre cationique peut cadrer avec les résultats des agronomes concrétisés par les chiffres du diagnostic foliaire correspondant à un optimum des rendements.

La nutrition minérale des agrumes a fait l'objet d'un certain nombre de travaux. Ceux-ci ont notamment été condensés dans un opuscule publié par les soins de l'Institut International de la Potasse (1958). Les travaux de CHAPMAN font autorité dans ce domaine. Selon cet A., l'optimum du diagnostic foliaire est caractérisé par les chiffres du tableau IX. Il s'agit d'analyses concernant les feuilles âgées de 4 à 10 mois prélevées sur les rameaux fructifères.

TABLEAU IX — Optimum du diagnostic foliaire chez les *Citrus* selon CHAPMAN.

Eléments	N	P	K	Ca	Mg	Na
Valeur	2,2 - 2,7	0,12 - 0,18	1,00 - 1,70	3,0 - 6,0	0,30 - 0,60	0,1 - 0,15

Ainsi, peut-on effectivement constater que, tels qu'ils ont été conduits à Sidi Bouknadel sur Mandariniers avec les résultats bénéfiques vis-à-vis des Cochenilles que nous avons vu, les traitements potassiques paraissent parfaitement cadrer avec une correction du diagnostic foliaire dans le sens indiqué par les agronomes. Ainsi : le traitement SO 3 K2, fait passer, par rapport aux témoins :

Le *potassium* : de 0,734 à 2,427 soit une hausse favorable
 Le *calcium* 0,572 4,262 — baisse —
 Le *magnésium* 0,256 0,117 ce qui serait peut-être trop bas ?
 L'*azote* 2,626 2,775

Soit peut de changements pour l'azote, si ce n'est, vraisemblablement dans la *forme* de cet élément. Et à cet égard, il paraît évident que les analyses devrient être poussées plus loin.

Quant au rapport des éléments cationiques $K/Ca + Mg$ dont nous nous sommes servis pour étalonner le potentiel biotique des Cochenilles (fig. 3 et 4), il varie selon les chiffres de

(1) Cette question a été examinée d'une façon plus approfondie dans notre étude sur « Physiologie et résistance de la Plante » (CHABOUSSOU, 1975).

CHAPMAN, entre 0,12 et 0,51. (Il est bon d'ailleurs de faire remarquer que ces chiffres peuvent varier non seulement selon le niveau de la feuille considérée, mais aussi selon l'espèce de *Citrus* et la nature du porte-greffe).

Le tableau X rappelle les résultats des analyses de NADIR déjà donnés plus haut concernant les feuilles et les écorces des fruits, ceci afin de pouvoir les comparer avec ceux des différents auteurs.

TABLEAUX — VALEURS DU RAPPORT $K/Ca + Mg$ DANS LES FEUILLES ET L'ÉCORCE DE MANDARINIERS, EN FONCTION DES DIFFÉRENTS TYPES D'AMÉNAGEMENTS (NADIR)

K/Ca + Mg	Témoin	CO 3 Ca	SO 4 K2	NO 3 K
Feuilles	0,126	0,130	0,554	0,626
Ecorces	0,513	1,082	3,451	2,511

Si nous considérons maintenant les chiffres de STEYN (op. cit), on constate que le rapport $K/Ca + Mg$ passe de 0,24 chez le témoin (attaqué par les Cochenilles) à 0,67 pour le traitement « faible teneur en calcium dans la solution nutritive », traitement qui, rappelons-le, entraîne une nette résistance vis-à-vis de *Aonidiella aurantii*.

On ne peut qu'être frappé de la concordance des chiffres. Il paraît bien se confirmer que l'élévation du rapport cationique $K/Ca + Mg$, aux alentours de 0,5 à 0,6 se montre favorable à la fois à la résistance vis-à-vis des Cochenilles et à la culture elle-même.

Nous allons en voir un autre exemple par les résultats plus ou moins empiriquement obtenus en plein champ dans une exploitation du Maroc.

B — PRATIQUES CULTURALES CONTRE LES COCHENILLES

Comme suite logique au paragraphe précédent, il nous paraît intéressant de donner les résultats obtenus dans une exploitation du Maroc par un ensemble de pratiques culturales, parmi lesquelles la fertilisation paraît jouer un grand rôle (1).

1° — *Traitements insecticides.* Comme la plupart des agrumiculteurs, M. LEONARDI a eu à faire face dans le Gharb, en 1966-1967, à deux très graves problèmes — d'ailleurs liés comme nous l'avons vu — : multiplication du Pou de Californie et pullulation d'Acariens. Ces derniers se multipliaient à tel point qu'ils en arrivaient à dénuder les arbres par une chute prématurée des feuilles.

C'était l'époque où l'on intervenait contre *A. aurantii* au moyen du *parathion*, au cours des deux traitements classiques situés en mai et en septembre. Or, comme nous l'avons vu plus haut, cet ester phosphorique présente une particulière vocation pour stimuler le développement des Acariens. Aussi, devait-on intervenir ensuite au moyen d'un acaricide... qui ne donnait pas toujours les résultats escomptés. Et ceci pour cette simple raison, comme nous l'avons vu plus haut, qu'après coup, de nombreux acaricides peuvent, eux aussi, multiplier Acariens et Cochenilles...

(1) — Il s'agit des méthodes de culture mises en œuvre par M. LEONARDI, gérant des domaines de S.M. HASSAN II, à Sidi Moussa et à Sidi Slimane. Nous sommes heureux de le remercier ici bien vivement pour l'aimable accueil qu'il a bien voulu nous réserver à l'époque et de tous les renseignements qu'il nous a fournis.

Par ailleurs, M. LEONARDI avait pu constater des *carences en zinc*, notamment sur une parcelle de clémentiniers — état physiologique lié à un excès de calcaire dans le sol — qui favorisait précisément la multiplication des Cochenilles. En conséquence, M. LEONARDI a effectué trois applications d'un produit commercial à base de *Zinèbe*. Il a en outre supprimé le traitement à l'oléoparathion du mois de septembre. En définitive ; *ces mesures ont eu pour résultat la régression immédiate des Acariens*.

A partir de la deuxième année, le traitement coccicide du mois de mai a été mixte : *parathion + Zinèbe*. En outre, entre mai et septembre, trois autres traitements à base de zinèbe sont exécutés. Tel est le calendrier des traitements observé depuis 1968 dans l'exploitation.

° *Fumures*. Celles-ci se caractérisent par la suppression de tous *engrais phosphorés*. Depuis 1967-1968, les doses par arbres sont les suivantes :

- En février : 2,5 kg de sulfate d'ammoniaque
3 kg de sulfate de potasse, au pal.
0,3 kg de sulfate de cuivre (carence en cuivre).
- En mai-juin : 2 kg d'ammonitrate.

Il faut aussi préciser qu'en outre : *ces minérales sont complétées par un important apport de fumier organique*, ainsi que par quatre pulvérisations annuelles d'engrais foliaires contenant de nombreux oligo-éléments et des vitamines.

3° *Résultats obtenus* : le *pourcentage de fruits commercialisés* — qui comme on sait dépend notamment du niveau de contamination par les Cochenilles (1) — varie de 92 à 96 % ; les *marbrures* sont pratiquement inexistantes (2).

Or, comme suite à nos propres résultats obtenus à Sidi Bouknadel, il nous paraît logique de rapprocher l'excellence de tels résultats obtenus dans cette exploitation, de l'évolution de la biochimie des feuilles induite depuis le début de ces pratiques. Celle-ci est concrétisée par le rapprochement des analyses du 8 septembre 1967 au départ, et le 3 septembre 1969, soit après deux années du programme de fertilisation. Ces deux diagnostics foliaires sont données dans le tableau XI ci-après.

TABLEAU XI — EVOLUTION DE LA BIOCHIMIE DES FEUILLES CHEZ LA VARIÉTÉ VALENCIA I

Dates	Valeurs en % de matière sèche					En mg/kg de matière sèche			
	N	P	K	Ca	Mg	Zn	Mn	Cu	B
9/9/67	2,94	0,20	1,28	5,02	0,38	19	41	13	237
3/9/69	2,78	0,23	1,40	3,20	0,24	20	11	8	102

Précisons bien que ces chiffres ne sauraient être comparés, quant à leur valeur absolue, à ceux obtenus à Sidi Bouknadel par NADIR sur Mandariniers. D'une part, les variétés de *Citrus* ne sont pas les mêmes, et d'autre part, le mode de prélèvement des feuilles a vraisemblablement été différent. Toutefois, *suite à l'application d'engrais potassiques, l'évolution du niveau des éléments cationiques s'est montré analogue dans les deux vergers*. Ainsi peut-on constater l'augmentation du taux de potassium et la régression, apparemment corrélative de ceux du calcium et du magnésium.

(1) — Le seuil de contamination toléré est de 3 Cochenilles par fruits.

(2) — Marbrures et gaufrage sont significativement réduits par les engrais potassiques ou les pulvérisations à base de nitrate de potasse. (JONES et al., 1967).

A l'origine, de 0,28 le rapport $K/Ca + Mg$ passe à 0,40 au bout de deux ans seulement. Comme à Sidi Bouknadel, l'élévation de ce rapport semble donc s'être montré tout à fait bénéfique, en renforçant la résistance des *Citrus* vis-à-vis des Cochenilles.

A son tour, cette rarefaction des Cochenilles ainsi que l'abandon du traitement automnal à base de *parathion* qu'elle a ainsi permis, paraît en grande partie à l'origine de la régression des Acariens.

Or nous devons bien souligner que les modifications biochimiques ayant ainsi abouti à une stimulation de la résistance des *Citrus*, à la fois vis-à-vis des Cochenilles et des Acariens, ont été induites par les influences conjuguées, non seulement des fumures minérales et des pulvérisations foliaires, mais aussi par les *abondants apports de fumier*.

Il est vraisemblable que ces fumures organiques, dont les *répercussions bénéfiques sur la résistance des plantes vis-à-vis des ravageurs animaux et des maladies ont, depuis longtemps été observées* — agissent à la fois par les *oligo-éléments et les substances de croissance qu'elles renferment en intensifiant la protéosynthèse*. Il serait donc fondamental d'étudier scientifiquement ces effets encore beaucoup trop méconnus.

Nous nous proposons d'examiner maintenant dans quelle mesure la pratique des pulvérisations foliaires pourrait, au même titre que la fertilisation au sol, se montrer intéressante dans la protection des *Citrus*.

C — INTERET DES PULVERISATIONS FOLIAIRES D'ENGRAIS POTASSIQUES

CALVET et SMITH (1972) ont pu faire remarquer qu'en sols calcaires — ce qui n'était pas le cas à Sidi Bouknadel — il est difficile d'élever la teneur en K dans les feuilles de *Citrus* au-delà de très minimes quantités, par des applications *au sol* d'engrais potassiques.

Confirmant les chiffres que nous avons donnés plus haut, ces mêmes auteurs notent que les feuilles de *Citrus* présentant des teneurs en K de 0,5 à 0,8 % ne sont pas rares dans des vergers en sols calcaires. Cependant, le maximum de récolte dans ces sols est associé à des teneurs en K de feuilles de plus de 1 %.

Ainsi en est-on venu à envisager des pulvérisations à base de $NO_3 K$ afin de corriger la déficience des feuilles en potassium. Et ceci d'autant plus que de telles pulvérisations se sont déjà montrées bénéfiques en entraînant une réduction du gaufrage.

Selon CALVET et SMITH (op. cit.) les pulvérisations foliaires de $NO_3 K$ se montrent plus efficaces pour l'absorption du contenu de K dans les feuilles que ne le seraient des quantités équivalentes de potassium placé dans le sol. Ils soulignent aussi que la correction de la déficience en K des *Citrus* est d'une grande importance, le potassium influençant plus que tout élément et plus fréquemment la qualité des fruits.

Or cette carence peut passer plus ou moins inaperçue, les symptômes de déficience en K étant rares. Ses répercussions sur la production des fruits, leur taille et la chute prématurée des feuilles, précède tout autre symptôme foliaire.

L'intérêt des pulvérisations foliaires à base de sels potassiques pourrait donc être de deux ordres : d'une part, elles permettraient d'instaurer dans les feuilles un nouvel équilibre cationique favorable au métabolisme et à la résistance de la plante, et d'autre part il s'agit d'une technique facile d'emploi et à effet rapides, bien que parfois temporaires.

L'absorption de $NO_3 K$ se révèle grâce aux analyses effectuées avant et après les applications foliaires : elle s'effectue à la fois par la face supérieure et par la face inférieure des feuilles. En outre, elle est rapide et s'opère dans la semaine suivant le traitement.

Les travaux de NADIR au Maroc ont effectivement montré que le traitement au *nitrate de potassium* entraîne une augmentation du potassium dans les feuilles au cours des 15 jours suivant l'application avec l'instauration d'un nouvel équilibre K/Ca plus favorable.

Ce même auteur a montré que le potassium se fixe d'abord dans les jeunes feuilles — qui en ont davantage besoin — pour ne migrer ensuite que plus tard dans les feuilles plus âgées.

NADIR a aussi montré que l'élévation du taux de K peut se répercuter d'une année sur l'autre. Ainsi en a-t-il été à la suite de 5 traitements au NO₃K, conduits en 1964, ayant entraîné en 1965 une élévation du taux de K et un abaissement de celui de Ca.

Par contre, selon CALVERT (1969), le contenu en K ne s'élèverait que d'une façon temporaire, au niveau initial quatre semaines après la pulvérisation. Cependant, comme ce même A. a pu mettre en évidence des réponses dans la qualité des fruits et le niveau de la récolte dans les parcelles traitées en pulvérisation avec le nitrate de potasse, il paraît logique de conclure à un transport et à une utilisation du nitrate de potasse par l'ensemble du métabolisme de l'arbre.

Sean CALVERT et SMITH (op. cit.), afin d'éviter les éventuelles brûlures et même la défoliation entraînées par le nitrate de potasse sur les vieilles feuilles, et certaines nécroses sur les jeunes feuilles, la dose de sécurité est de 4,54 à 07 kg de NO₃K pour 380 litres d'eau. La dose inférieure a été expérimentée sans inconvénient par CALVERT. Il résulterait des essais de cet A. que trois applications en mai, juillet et octobre seraient suffisantes pour maintenir le taux de K à un niveau suffisant pendant toute la période de croissance des *Citrus*.

A noter aussi que mouillants ou dissolvants tels que le DMSO par exemple, favorisent la dissolution et la pénétration du nitrate de potasse. Des essais de pulvérisations de NO₃K à raison de 1 à 5 g par litre, avec adjonction de DMSO, de 5 à 10 g par litre ont été suggérés.

Précisons enfin que ces pulvérisations foliaires à base de nitrate de potasse sont parfaitement compatibles avec l'adjonction d'oligo-éléments tels que : *zinc*, *manganèse* ou *cuivre*. Toutefois, de telles pulvérisations à base d'oligo-éléments doivent être conduites avec prudence et exigent des expérimentations préalables. En effet si, au Maroc, on a pu noter certains effets favorables de l'*oxyde de zinc* en adjonction avec certains insecticides, rappelons par contre que THOMPSON (op. cit.) a également enregistré des multiplications de Cochenilles ainsi que de l'Acarien *Paratetranychus citri* à la suite d'application à base de sulfate de zinc.

Ainsi apparaît-il en définitive qu'il s'agit d'instaurer dans la plante un équilibre du métabolisme parfois assez délicat à obtenir et encore à déterminer exactement, les chiffres que nous avons donné plus haut concernant le diagnostic foliaire n'étant qu'une approximation de l'état physiologique optimum recherché. Cependant, toujours concernant les pulvérisations d'engrais foliaires, des résultats encourageants ont déjà été obtenus vis-à-vis du niveau des populations de certains acariens. C'est par un exemple de ce genre que nous terminerons ce dernier chapitre.

Régression des populations de Brevipalpus par les traitements à base de nitrate de potasse.

En concordance avec notre conception concernant le déterminisme trophique de la multiplication de certains espèces d'Acariens, M. WILLINSKY au Maroc, a pu constater qu'à Sidi Slimane (SOCAMRI), les pulvérisations à base de nitrate de potasse ont fait régresser les populations de *Brevipalpus*. Alors que le 6 octobre 1969 on dénombrait en moyenne 1,33 individu par fruit sur les témoins, on n'en trouvait plus que 0,44 — trois fois moins — sur les parcelles traitées au nitrate de potasse. (Ce fait confirme bien d'ailleurs, nos propres résultats concernant les régressions de *T. urticae* sur Vigne, en laboratoire, à la suite de traitements analogues).

Quant au déterminisme de ces régressions, il est vraisemblablement analogue à celui des abaissements de populations de *L. beckii* et de *S. oleae* sur les arbres amendés par les fumures potassiques. A la suite de l'élévation du niveau de K et de l'installation d'un nouvel équilibre des éléments cationiques dans la feuille, la protéosynthèse s'intensifie et corrélativement la teneur des tissus foliaires en substances solubles diminue : d'où un abaissement du potentiel biotique des Acariens, comme de celui des Cochenilles.

VII — RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS

1° — Enquêtes et observations conduites au Maroc nous ont montré que *les pullulations de Tétranyques sur Citrus étaient liées aux traitements pesticides conduits contre les Cochenilles et notamment contre le Pour rouge de Californie : Aonidiella aurantii.*

Il s'agit donc du même processus que pour les autres plantes, un tel « déséquilibre » provenant non seulement de la destruction des ennemis naturels, mais aussi et surtout des répercussions des pesticides — insecticides notamment — sur la physiologie et l'état biochimique des tissus. Autrement dit : *la modification du métabolisme de la plante entraînée par les produits phytosanitaires provoque à son tour, par effet nutritionnel, l'élévation du potentiel biotique des Acariens.*

Une telle incidence des pesticides, fongicides étant aussi bien concernés que les insecticides, peut d'ailleurs également retenir positivement sur la multiplication des Cochenilles elles-mêmes. Des regains de multiplications, indépendants de toute action sur les ennemis naturels, ont effectivement été observés aussi bien sur *Citrus* que sur arbres à feuilles caduques, à la suite de certains traitements insecticides (esters phosphoriques).

2° — Ces résultats mettent donc à nouveau en évidence toute *l'importance du terrain — au sens physiologique du terme — concernant la résistance de la Plante vis-à-vis de ses ravageurs* : qu'il s'agisse de Cochenilles, d'Acariens aussi bien que des maladies cryptogamiques, voire même des maladies à virus.

Ce fait nous a ainsi amené à nous préoccuper des différents facteurs susceptibles d'agir sur la physiologie — et donc la résistance de la Plante. Celle-ci se trouve en effet en liaison avec le niveau des substances solubles dans la sève et les tissus.

Concernant le *problème de base de la résistance des Citrus vis-à-vis des Cochenilles*, les travaux de STEYN (remontant à plus de 25 ans qui sont passés inaperçus jusqu'alors) nous ont conduit à étudier les répercussions de la nature du sol et de certains amendements vis-à-vis du potentiel biotique de deux espèces de Cochenilles.

3° — Les recherches de NADIR concernant le diagnostic foliaire des agrumes rejoignent, en quelque sorte, les résultats de STEYN, confirmant les effets néfastes d'un excès de calcium sur la susceptibilité des *Citrus* vis-à-vis des Cochenilles.

Mettant en effet à profit certains essais d'amendements sur Mandariniers conduits par NADIR au Maroc, nous avons pu établir que les amendements calcaires augmentaient le niveau des populations de *Lepidosaphes beckii* et de *Saissetia oleae*. Inversement, les amendements potassiques provoquaient des très sensibles régressions dans le potentiel biotique de ces deux Cochenilles.

Parallèlement, les analyses relatives au diagnostic foliaire montraient une élévation du taux de calcium dans les feuilles avec les amendements calcaires, et au contraire, une régression de ce même élément, ainsi que du magnésium, avec les traitements potassiques (SO 4 K et NO 3 K).

Ainsi paraît-il exister, en première approximation tout au moins et dans les limites où nous avons opéré, une *corrélation négative entre l'élévation du K/Ca + Mg et le potentiel biotique des Cochenilles*.

4° — Ces résultats encourageants conduisent donc à la *recherche d'un métabolisme optimum des Citrus susceptibles d'entraîner à la fois un maximum de rendement et un maximum de résistance*.

Ils soulèvent également le problème de savoir dans quelle mesure la méthode du *diagnostic foliaire* peut nous être utile dans une telle recherche. Or, d'après les premiers résultats obtenus, notamment par la confrontation de nos propres chiffres avec ceux de STEYN et ceux d'un arboriculteur du Maroc, cette éventualité n'est nullement à écarter : le diagnostic foliaire pourrait être d'un secours très appréciable.

Il s'avère que rendement et résistance ne sont nullement incompatibles, bien au contraire. Et ceci paraissant tenir au fait que ces qualités des *Citrus* seraient toutes deux sous la dépendance d'un *maximum de protéosynthèse*. A son tour, un tel état du métabolisme implique en effet un minimum de substances solubles dans les tissus de la Plante, et donc un niveau inférieur de susceptibilité vis-à-vis des Cochenilles.

5° — En résumé : les résultats encourageants déjà obtenus paraissent bien montrer que la recherche d'une *stimulation de la résistance de la plante par action sur sa physiologie n'est nullement utopique, mais présente au contraire un intérêt certain*.

Cependant, afin de présenter le maximum d'efficacité, le conditionnement de la plante devra non seulement faire appel à la fertilisation du sol par le dosage judicieux des amendements et des fumures et viser en particulier à l'instauration d'un *équilibre cationique* adéquat, mais aussi aux pulvérisations d'engrais foliaires, leurs répercussions, même temporaires, pouvant se montrer bénéfiques.

En particulier également, *l'attention devra être portée sur les incidences — a priori favorables — des fumures organiques, dans la mesure où elles renferment : oligo-éléments et substances de croissance*. (Ces répercussions ayant été peu étudiées jusqu'à présent).

Pratiquement, la stimulation de la résistance des *Citrus* devra être étudiée au cours des périodes de leur cycle évolutif annuel où ils se montrent sensibles vis-à-vis des Cochenilles ou des Acariens.

De tels travaux devraient conduire — sinon à une totale suppression des interventions insecticides et acaricides, du moins à leur très sensible réduction — comme le montrent bien d'ailleurs déjà les résultats obtenus par certains arboriculteurs. En particulier, cette forme de lutte permettant d'associer heureusement résistance et lutte biologique par les parasites et les prédateurs.

BIBLIOGRAPHIE

ASLY O.J. 1965. The relationship of zineb, sevin and others to mites and scales in Lebanon. *Soc. Libanaise Agric. Chem.*, BEYrut, Lebanon.

BAR-AKIVA A., STILLERS V. 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.

BATTASCHVILLI I.D. 1968. The influence of physiology citrus plants (as feed plants) on the population of harmful mites in the humid subtropics of the USSR C.R. *XIIIe Intern. Cong. Entomol.*, 2-9 août 1969 (1971) t. II, 310-311.

BEDFORD E.C.G. 1968. The biological control of the red scale *Aenidiella aurantii* MASK on Citrus in south Africa. *J. Ent. Soc. Sth. Afri.*, 31, n° 1, 1-15.

BLANC AICARD D. et BROSSIER J. 1962. Influence du porte-greffe sur l'équilibre cationique des feuilles de poirier. *16e Cong. Intern. Hort. Bruxelles*, t. 3, 48-53.

BOJE ., BOVE Colette et RAVEUX R. 1957. Extraction, séparation et détermination de certains composés hydrosolubles (glucides solubles, acides carboxyliques volatils de C2 à C6 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. *Residus Rev. Germ.* 10, 1-39.

BRUNING Dr D. et UEBEL E. 1971. Relations entre la fumure et la densité de population de l'*Eulecanium* du Chêne et de l'*Eulecanium* du Robinier. *Rev. Potasse sect.* 22, 2) suite, 10 p.

BURNS D.P. et DAVIDSON R.H. 1966. The amino acids and sugars in yoney of the tuliptree scale *Toumeyella liriodendri* in the sap of its host yellow polar. *Ann. Ent. Soc. Amer.*, 59, n° 6, 1071-1073.

CALWERT D.V. et SMITH R.C. 1972. Correction of potassium deficiency of citrus with KNO₃ 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'Oidium 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 (I) de ma première mission au Maroc (21 novembre au 2 décembre 1968) ; *document ronéotypé*.

CHABOUSSOU F. 1969. Compte-rendu (2) de 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 - 9 novembre 1970. *Document ronéotypé*.

CHABOUSSOU F. 1970. Sur le Processus de multiplication des acariens par les acaricides phosphorés. *Rév. Zool. agric. 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

CHADLA K.L. et BINDRA O.P. 1970. Citrus decline in India. Causes and control. *Ludhiana, Punjab agric. Univ.* 15 p.

DELLUCCHI V. 1965. Notes sur le pou de Californie *Aonidiella aurantii* MASK. au Maroc (*Hom. Coccidea*). *Ann. Soc. Ent. Fr.* (N.S.), 1, 4, 739-788.

CLARCK S. et FRIEND W.H. 1932. California red scale and its control in the lower Rio Grande Valley of Texas. *Tex. agric. Exp. Sta. Bull.* 435, 15 p.

FLANDERS S.E. 1970. Observations host plant induced behavior of scale insects and their endoparasites. *Canada Entomologist.* 102, n° 8, 913-920.

FLESchNER 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.

FRITZSCHE R. 1961. Einfluss der Kulturmassnahmen auf die Entwicklung von Spinnmilben gradationen. *Med Land. Gent*, 1088-1097.

GROSCLAUDE C. DUPOUY J. et BELBOS R. 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, 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.

HOFMANN M. et SAMISH R.M. 1969. Free amino content in fruit trees organs as indicator of the nutritional status with respect potassium. *in Int. Coll. on Plant anal. and Fertil. problem.*

JEPSON R.L., 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 I, 55-60.

JONES W.W. ENBLETON T.W., GARBER M.J., CREE C.B. 1967. *Hilgardia*, 38 (6), 231.

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 R.A.E.) 1968 p. 320.

La nutrition minérale des agrumes. 1958. Institut international de potasse. Berne. 72 p.

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, 433-436.

MICHEL E. 1974. Prolifération anormale du puceron *Myzus persicae* élevé sur tabac traité à la phosdrine. *SEITA Annales* 1964, sect. 2, 183-196.

NADIR M. 1965. Contribution à la détermination d'une fumure rationnelle des agrumes par l'analyse foliaire. *Al Awamia*, n° 16, Babat, 128-147.

NADIR M. Les différentes formes de calcium et les antagonismes K-Ca, K-Mg et Ca-Mg dans les feuilles d'agrumes. *Ile Colloque européen et méditerranéen sur le contrôle et l'alimentation des plantes cultivés.*

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.

PRIESNER H. 1938. A Brief note on the relation between the physiological condition of plants and insect attack. *Bull. Soc. Fouad 1er Ent.*, 22, 279-283.

SHARMA J.K. et SINHA S. 1970. Effect of leaves exsudats of Sorghum varieties varying in susceptibility and maturity on the germination or conidia of *Colletotrichum graminiicola*. *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 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).

Wafa A.K., MAHER A., ZAHER 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 rootstock 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 rootstock, 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.

WEISSMANN G.S. 1964. Effect of ammonium and nitrate solution on protein level and exsudats 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).