

PHYSIOLOGIE ET RESISTANCE DE LA PLANTE

par Francis CHABOUSSOU
Directeur de recherches honoraire à l'I.N.R.A.
Chargé de mission

I — INTRODUCTION

Le développement des applications pratiques de la science et en particulier en agriculture peut procéder de deux types de recherches :

— *Recherche fondamentale* d'une part, et il est courant à ce sujet de citer l'exemple de la chromatographie ou des oligo-éléments.

— *Recherche directe de la résolution de problèmes d'ordre pratique* et en particulier ceux qui peuvent surgir brusquement et de façon apparemment imprévisible, pour cette simple raison qu'on n'en connaît pas le déterminisme, même immédiat.

Or le problème des *déséquilibres biologiques entraînés par les traitements pesticides de la plante* paraît bien appartenir à ce deuxième type de recherche et à conduire à des conceptions que nous étions loin de soupçonner tout d'abord.

II — TRAITEMENTS PESTICIDES ET DESEQUILIBRES BIOLOGIQUES

On entend généralement par « *déséquilibre biologique* » intervenant chez une plante à la suite d'un traitement soit insecticide, soit fongicide, toute pullulation brusque et apparemment déconcertante d'un ravageur quelconque.

Il peut s'agir d'un ravageur différent de celui que l'on se proposait de combattre : c'est l'exemple classique des pullulations de l'Araignée rouge *Panonychus ulmi* sur Pommier, à la suite des traitements à base de DDT contre le Carpocapse de la Pomme.

Or, pour expliquer un tel phénomène, la théorie classique mettait en avant la destruction aveugle, par le pesticide en question, des ennemis naturels du nouveau ravageur. Le frein étant supprimé, le phytophage se met à pulluler.

Cependant, une telle théorie se heurte à un certain nombre de difficultés. Elle ne saurait expliquer en effet :

1° — Comment tel pesticide n'entraînant aucune répercussion de ce genre à une époque déterminée du cycle de la plante, peut déclencher de graves pullulations du même ravageur — dit « secondaire » — à telle autre ?

2° — De même pourquoi un certain nombre de produits, parfaitement inoffensifs vis-à-vis des ennemis naturels, et notamment les produits cupriques, déclenchent cependant des multiplications de phytophages ?

3° — Comment un insecticide appliqué en *traitement du sol* peut entraîner des pullulations de Tétranyques sur le feuillage de plante qu'on y cultive ? (KLOSTERMEYER et RASMUSSEN, 1953), ou bien, comment le dieldrin utilisé en traitement du sol peut-il entraîner une aggravation des attaques de Pyrale du Maïs (LUCKMAN, 1960) ?

Ainsi est-on amené à mettre en cause l'explication des déséquilibres biologiques par la seule destruction des ennemis naturels, ainsi qu'à une prise de réflexion concernant des phénomènes analogues intervenant : non plus seulement dans le domaine des ravageurs animaux, mais également dans celui des maladies : attaques de champignons parasites ou développement des maladies à virus. (POLJAKOV, 1967).

Ainsi avons nous pu démontrer sur Vigne — et sur Pommier, le phénomène est vraisemblablement du même ordre — que divers fongicides du groupe des dithiocarbamates comme le manèbe, entraînent le développement de l'*Oidium* (CHABOUSSOU et al, 1968, fig. 1), et il en est vraisemblablement de même pour le *Botrytis*.

On pourrait citer d'autres exemples : ainsi le fait expérimentalement démontré de l'exacerbation de la sensibilité du blé vis-à-vis de la rouille par le DDT (JOHNSON, 1946). Dernier exemple — mais non le moindre — on a cru remarquer une relation de cause à effet entre le développement de certaines maladies à virus de la pomme de terre et le traitement de cette Solanée par le zinèbe (qui est aussi un dithiocarbamate). (POLJAKOV, 1967).

III — LA CONCEPTION DE LA TROPHOBIOSE

Ainsi, et sans pour autant nier l'incidence néfaste de certains pesticides sur les ennemis naturels, l'ensemble des faits que nous venons de passer en revue, amène à cette conclusion qu'un autre processus doit obligatoirement jouer, aussi bien dans le développement des maladies que dans celui de la multiplication des ravageurs animaux.

Effectivement, en ce qui concerne les Tétranyques : il a été expérimentalement démontré, par élevage sur feuillage préalablement traité et par comparaison avec les résultats sur feuillage témoin, que la multiplication entraînée par un pesticide procède d'une *majoration de fécondité* (au sens du rythme de ponte) et de *longévité* (CHABOUSSOU, 1969 a).

En outre, d'autres processus tels que le *raccourcissement du cycle évolutif* et la *distorsion de la sex-ratio en faveur des femelles* peuvent également intervenir.

Ainsi s'explique-t-on, suite à certaines interventions pesticides, la brusquerie et la gravité des déséquilibres biologiques tels que pullulations de Tétranyques et de *sensibilisation* des plantes vis-à-vis de telle ou telle maladie, phénomènes souvent confondus à tort avec celui, tout différent, de la *résistance*.

Or il s'agit d'un tout autre processus qui réside dans l'*augmentation du potentiel biologique* de l'Acarien, du Puceron, de la Pyrale du Maïs, du Nématode (BREZESKI et MACIAS, 1967), ou bien du Champignon parasite, ou même du virus, processus finalement lié à l'*amélioration du substrat nutritionnel*.

Bref, l'étude approfondie de ces « déséquilibres biologiques » entraînés par les traitements pesticides met donc en relief toute l'importance de la physiologie et de l'état biochimique de la plante dans sa susceptibilité aussi bien vis-à-vis des maladies que des ravageurs animaux. Et c'est la raison pour laquelle nous avons cru bon, afin d'attirer l'attention, de désigner par le terme de *trophobiose*, ce phénomène apparemment sous-estimé jusqu'ici et selon lequel « *tout processus vital se trouve sous l'étroite dépendance de la satisfaction des*

besoins nutritionnels de l'organisme vivant, que celui-ci soit végétal ou animal. (CHABOUSOU, 1960 a).

IV — LES DIFFÉRENTS FACTEURS SUSCEPTIBLES D'AGIR SUR LA PHYSIOLOGIE ET DONC SUR LA RÉSISTANCE DE LA PLANTE

Si les traitements pesticides sont à même de sensibiliser la plante en « déséquilibrant » sa physiologie, on est donc amené à s'interroger sur les différents facteurs susceptibles d'agir sur celle-ci et donc de modifier dans un sens, soit bénéfique, soit maléfique, sa résistance : autrement dit : *sa santé*.

Pour notre part, nous dénombrons sept facteurs que nous scindons en deux groupes :

1° — *Les facteurs intrinsèques*, c'est-à-dire ceux qui tiennent à la nature même de la plante et qui sont au nombre de trois :

— Les facteurs génétiques = rôle de l'essence et de la variété.

— La nature du porte greffe, d'ordre également génétique, qui conditionne l'alimentation minérale du greffon.

— L'âge des tissus, pouvant entraîner une différence de sensibilité vis-à-vis de tel ou tel ravageur en fonction de l'époque de l'année.

Or, si le premier de ces facteurs a surtout été considéré jusqu'ici puisqu'il préside à la recherche de variétés résistantes, il faut bien reconnaître que l'influence des deux autres n'a guère été envisagée jusqu'à présent.

Et il en est de même à ce point de vue de l'autre catégorie de facteurs :

2° — *Les facteurs extrinsèques* qui, à leur tour et pour la commodité de l'exposé, peuvent être scindés en :

— *Facteurs écologiques* = influence du climat, et :

— *Facteurs culturels* parmi lesquels nous distinguerons :

* La fertilisation et la nature chimique du sol.

* La structure du sol : influence de l'oxygénation des racines et de l'économie de l'eau dans la plante.

* Enfin, les traitements pesticides dont quelques exemples de répercussions ont servi d'introduction à ce travail.

Nous n'insisterons pas sur l'influence incontestée des *facteurs génétiques* dont le manie-ment est du ressort des spécialistes (création de nouvelles variétés et d'hybrides) sinon pour faire remarquer que l'étude du mode d'action des autres facteurs sera peut-être susceptible de nous éclairer sur leur propre processus.

Par contre, à l'aide de quelques exemples nous étudierons brièvement dans le prochain paragraphe les répercussions concernant : l'âge des tissus, celles du porte-greffe et des *facteurs écologiques*. Le paragraphe suivant sera consacré à l'influence des *traitements pesticides* tandis que nous terminerons par l'étude de la *fertilisation* et du *travail du sol*.

V — INFLUENCE DE L'ÂGE DES TISSUS, DE LA NATURE DU PORTE-GREFFE ET DES FACTEURS ÉCOLOGIQUES SUR LA SUSCEPTIBILITÉ DE LA VIGNE VIS-À-VIS DU MILDIOU ET DES TÉTRANYQUES.

Nos exemples se rapportent surtout à la vigne, plante dont nous avons principalement étudié la protection.

1° — *Influence de l'âge des tissus.*

a — *Sur la susceptibilité de la vigne vis-à-vis du Mildiou.*

Il a été observé, notamment par PANTANELLI, que les très jeunes feuilles ne sont pas attaquées, pas plus d'ailleurs que les vieilles feuilles, ou alors très modérément : il existe en effet une *résistance automnale* qui se caractérise par des lésions en *point de tapisserie*.

Toutefois, ce type d'attaque n'est pas nécessairement lié à cette époque de l'année, mais peut également se produire au printemps, dans certaines conditions écologiques. Ce qui souligne bien que l'attaque est liée à un certain état physiologique des feuilles.

Effectivement, ce sont les feuilles adultes, encore dites « matures » qui se montrent les plus susceptibles vis-à-vis du Mildiou. (fig.2). Anticipant sur l'étude des facteurs biochimiques sensibilisant la plante vis-à-vis des attaques, nous indiquerons tout de suite qu'une telle susceptibilité des feuilles adultes paraît liée à leur rôle d'exportateurs de métabolites, c'est-à-dire de *substances solubles*, vers les feuilles jeunes ou vieilles.

b — De même constate-t-on, vis-à-vis du *Botrytis*, la même influence d'un âge déterminé de la feuille sur la susceptibilité aux attaques, susceptibilité d'ailleurs plus ou moins atténuée par certains anticryptogamiques (fig. 3).

2° — *Influence de la nature du porte-greffe* — Concernant ce facteur, nous donnerons deux exemples et nous poserons un point d'interrogation.

a — *Influence du porte-greffe sur la sensibilité de la vigne vis-à-vis du Botrytis cinerea.*

PERRIER DE LA BATHIE a souligné que depuis la reconstitution du vignoble par la voie du greffage, les ravages de ce champignon étaient devenus fréquents et considérables et que c'était seulement depuis cette époque que l'on s'inquiétait réellement de combattre la « Pourriture grise ».

Par exemple : greffé et devenu « plus vigoureux », le cépage Folle Blanche n'est pratiquement plus cultivable par suite de son excessive sensibilité au *Botrytis*.

b — Aussi peut-on se poser la question de savoir si certains porte-greffes, tout en permettant la *tolérance* de la vigne au *Phylloxera*, ne l'auraient pas en contrepartie sensibilisée au Mildiou ? Peut-être n'est-ce pas par le seul effet du hasard qu'après la reconstitution du vignoble par le greffage, le Mildiou ait commencé ses ravages avec la soudaineté et la gravité que l'on sait autour des années 1880 ?...

c — *Influence de la nature du porte-greffe sur la sensibilité vis-à-vis des Tétranyques.*

Nos récentes expériences ont montré la nette influence de la nature du porte-greffe sur le potentiel biotique de l'Araignée rouge *Panonychus ulmi* (CARLES et al., 1972).

Ainsi, la fécondité de l'Acarien sur Merlot rouge greffé sur *Vitis riparia* s'est-elle montrée, à une certaine époque de l'année, de 70 % supérieure en moyenne à celle du même Acarien élevé sur les mêmes feuilles du cépage mais greffé sur *Berlandieri X Riparia* 420 A. (fig. 4).

Ces élevages n'ont d'ailleurs fait que confirmer les différences constatées en vignoble quant au niveau des populations des deux espèces de Tétranyques de la Vigne *P. ulmi* et *E. carpini vitis* en fonction de la nature du porte-greffe. (CHABOUSSOU et al., 1973).

d — *Déterminisme biochimique des répercussions du porte-greffe.*

Les analyses que nous avons pu conduire sur Vigne ont montré que la composition chimique des feuilles du greffon paraît nettement influencée par la nature du porte-greffe.

Ainsi, aux dates du 6 juin et du 6 juillet, les teneurs en *acides aminés* des feuilles de Merlot rouge greffé sur 420 A, se sont-elles montrées nettement supérieures à celles du même cépage sur *Riparia*.

Autrement dit, le métabolisme des feuilles du Merlot rouge greffé sur 420 A paraît-il caractérisé, par rapport au *Riparia*, par une certaine « paresse » dans le processus de la protéosynthèse. Un tel métabolisme se traduit en effet par *une teneur plus élevée en glucides réducteurs et éléments azotés* en particulier, et comme cela a d'ailleurs été constaté avec le *Riparia X Rupestris* 3 309 sur d'autres types de greffons (MIKELADZE, 1965).

Dans ce cas également, le processus de sensibilisation de la Vigne aux Tétranyques serait analogue à celui vis-à-vis des maladies cryptogamiques : soit l'élévation de la teneur des tissus foliaires en *substances solubles*.

3° — *Influence des facteurs écologiques.*

Nous nous contenterons d'en donner deux exemples : l'un concernant la Vigne, l'autre la Tomate.

a — *Mildiou de la Vigne* — vis-à-vis du Mildiou, on a maintes fois constaté la sensibilisation de la vigne à la suite du refroidissement de l'air et du sol.

De même a-t-on observé, vis-à-vis de la contamination, l'effet favorable d'une nuit humide succédant à une période chaude et sèche. Or, l'explication de ces phénomènes paraît bien avoir été apportée par diverses expérimentations conduites par PANTANELLI (1921). Ce dernier a montré en effet que, *par rapport à une vigne située à l'extérieur, une vigne placée en chambre humide et bien éclairée, montre une plus forte proportion de composés solubles azotés et phosphorés et de sucres solubles.*

Or, en ralentissant la protéosynthèse, le refroidissement entraîne des effets analogues. Ainsi, PANTANELLI soulignait-il que les infections du mildiou qui interviennent fréquemment à l'aube sont-elles liées à la composition de la feuille à ce moment de la journée. C'est à ce moment là en effet que l'on constate la *plus grande solubilisation de l'amidon et décomposition des protéines.*

En résumé : l'étude de l'influence des conditions écologiques vis-à-vis des attaques du Mildiou confirme bien que, comme pour l'âge de la feuille et la nature du porte-greffe, la sensibilité de la vigne se trouve liée au niveau des substances solubles dans les tissus : composés azotés notamment.

b — *Alternaria de la Tomate.*

Il paraît bien établi — et il serait fort étonnant qu'il en soit autrement — que les besoins nutritionnels des différents champignons parasites, tout comme d'ailleurs, ceux des animaux, sont différents selon l'espèce en question.

Ainsi, si les vieilles feuilles de tomate sont davantage susceptibles à l'*Alternaria* que les jeunes, c'est apparemment parce qu'elles contiennent moins de sucre. On note en effet une plus grande sensibilité des tomates à la maladie au *cours de la nuit*, c'est-à-dire pendant la période de la journée où le sucre est consommé par la respiration.

Cependant, encore dans ce cas, la susceptibilité paraît bien liée à la teneur des tissus en *substances solubles*, étant entendu que l'équilibre entre éléments azotés et glucides se montre différent selon les organismes, de même vraisemblablement que la nature de ces éléments nutritionnels (acides aminés et glucides).

VI — INFLUENCE DES PESTICIDES SUR LA SENSIBILITE DE LA VIGNE VIS-A-VIS DES TETRANYQUES ET DES MALADIES.

1° — *PENETRATION DES PESTICIDES DANS LA PLANTE.* L'utilisation des herbicides, tout comme l'emploi des engrais foliaires — techniques maintenant entrées dans la pratique agricole courante — suffiraient à montrer que les tissus végétaux se laissent pénétrer par de nombreux produits. Plusieurs voies de pénétration sont d'ailleurs possibles : *la graine*, (par exemple au cours d'enrobage des semences), *le tronc et la charpente* (à l'occasion de traitement d'hiver et de pré-débourrement des arbres fruitiers), *la racine* (par traitement du sol), et enfin *la feuille*, au cours des traitements classiques : insecticides ou fongicides.

En ce qui concerne la *pénétration des produits dans les feuilles*, qui est la voie la plus fréquente dans les conditions de la pratique, HASCOET (1954) rappelle que la cuticule et les parois cuticulaires des feuilles contiennent de nombreux lipides facilitant l'absorption des composés liposolubles. Un tel fait explique par exemple qu'un sel métallique comme l'oxyde de cuivre hydraté résultant de l'application de la bouillie bordelaise, puisse pénétrer dans la feuille, comme cela a depuis longtemps été établi chez la vigne par MILLARDET et GAYON (1887).

En ce qui concerne plus spécialement les bouillies, qui constituent le cas le plus fréquent des applications phytosanitaires, pour qu'il y ait pénétration, autrement dit : endosmose, faut-il encore qu'il existe une différence de pression osmotique en faveur de la bouillie, par rapport à celle des cellules de la plante. L'état initial de celle-ci peut donc jouer : une forte pression osmotique des cellules pouvant maintenir le produit à l'extérieur, tandis qu'à l'inverse : une déficience de cette même pression, favorisera la pénétration du pesticide. Ainsi conçoit-on que des répercussions de divers ordres peuvent résulter de la participation du produit à l'économie du végétal.

Ainsi, tout comme pour le cuivre de la bouillie bordelaise auquel nous faisons allusion plus haut, à la suite de traitements au moyen de produits anticryptogamiques de synthèse, les tissus foliaires peuvent-ils s'enrichir en *oligo-éléments* tels que manganèse, zinc, fer, etc... contenus dans leur formule.

Il en est de même en ce qui concerne les métalloïdes : TIETZ a ainsi montré que le *phosphore* de la molécule insecticide se retrouve partiellement dans les constituants normaux de la plante. HASCOET a obtenu des résultats identiques dans le cas du soufre.

Ainsi, vraisemblablement par l'intermédiaire de leurs répercussions sur les enzymes, les pesticides sont-ils susceptibles d'agir sur la physiologie de la plante.

Toutefois, d'autres processus paraissent aussi impliqués : notamment l'action par la configuration de la molécule : *par exemple les produits chlorés et en particulier le DDT paraissent se comporter vis-à-vis de la plante, comme des substances de croissance.* Ce qui peut se traduire, notamment à certaines doses, par une élévation du taux d'azote dans les tissus.

2° — INFLUENCE DE L'ETAT INITIAL DE LA PLANTE.

Comme nous l'avons vu plus haut, cet état peut jouer vis-à-vis de la pénétration même du

produit. Mais il peut intervenir aussi sur le plan de la *réaction* même de la plante.

Ainsi ALLEN et CASSIDA ont-ils pu montrer que, sur Haricot, le DDT *stimule la croissance* lorsque les plantes se trouvent placées dans une solution nutritive non tamponnée, dépourvue d'auxines, alors qu'il *inhibe la croissance* lorsque l'auxine est présente.

Ce qui, soulignent les A., « *indique une relation entre l'action du DDT et celle des auxines dans le métabolisme de la plante* ».

De tel faits expliqueraient qu'un même produit, utilisé à la même dose, pourra montrer des répercussions très différentes selon l'état de croissance de la plante, soit pratiquement *selon l'époque de son cycle annuel*.

Quelle peut donc être — sommairement — la nature de telles répercussions ?

3° — NATURE DES REPERCUSSIONS DES PESTICIDES

Très sommairement, et en fonction des conditions auxquelles nous venons de faire allusion plus haut, les *pesticides peuvent soit stimuler, soit au contraire inhiber la protéosynthèse*.

Au point de vue biochimique, cela signifie donc une modification de l'équilibre entre les produits azotés et les glucides (rapport C/N), mais aussi diminution ou augmentation dans le taux des substances solubles dans la plante. Les pesticides, esters phosphoriques en particulier, peuvent effectivement agir sur le niveau et la vitesse d'élaboration des acides aminés (BOGDANOFF, 1963).

Bref, il est évident que de *telles répercussions ne peuvent que modifier dans l'un ou l'autre sens la résistance de la plante vis-à-vis des maladies ou des insectes, si l'on veut bien admettre que leur développement dépend avant tout de la nature du substrat nutritionnel qui leur est proposé* (théorie de la trophobiose).

A ce sujet, on doit remarquer qu'on est encore fort loin de connaître le mode d'action exact de nombreux anticryptogamiques comme le soufre ou la bouillie bordelaise. Aussi peut-on se demander dans quelle mesure leurs effets bénéfiques ne résulteraient pas précisément de leur action sur le métabolisme de la plante ?

C'est effectivement la question que se sont posé divers observateurs. Ainsi, concernant le soufre : MARTRES (1862) a remarqué que : « *les vignes soufrées, surtout avec la rosée, ressentent particulièrement l'effet de cette excitation lorsqu'elles sont malades ; immédiatement, les feuilles pâles et recroquillées reverdissent, se lustrent et s'assouplissent, les pampres s'allongent et si le mal n'est pas invétéré, on voit disparaître les efflorescences blanchâtres qui commençaient à recouvrir la baie, de la même manière que disparaissent sur le corps des animaux soumis à une nourriture saine et abondante, les parasites qu'engendre la misère* ».

Et à ce sujet, peut être est-il intéressant de rapprocher ces observations concernant la phytriatrie des remarques d'un médecin concernant l'action des médicaments et qui dit : « *si les médications actuelles ne sont pas nocives (1) on ne peut affirmer qu'elles sont spécifiques. Quand elles agissent efficacement, et on ne peut nier cette action, ce n'est pas parce qu'elles guérissent la maladie, mais parce qu'elles augmentent la résistance du malade et modifient sa vitalité* » (Dr LEPRINCE, 1962).

(1) — Depuis, on a découvert qu'elles peuvent l'être : en particulier les antibiotiques, lorsqu'ils sont mal ou abusivement utilisés.

Quant au déterminisme biochimique de la *sensibilisation de la plante*, il s'avère que c'est par là qu'il faut commencer pour mieux saisir le phénomène inverse de la résistance où on peut remarquer : qu'il s'agisse de l'âge des tissus, de l'influence des facteurs écologiques, de la nature du porte-greffe, ou des traitements pesticides, *ces différents facteurs paraissent favoriser la susceptibilité de la plante vis-à-vis des maladies ou des Acariens et des insectes, en inhibant la protéosynthèse, entraînant par suite l'enrichissement des tissus en substances solubles.*

Nous avons cru faire une découverte en aboutissant à cette conclusion. Or, nous nous sommes aperçu depuis que nous n'avions fait que retrouver ce que DUFRENOY avait déjà établi, bien avant nous, en soulignant précisément toute l'importance du dernier facteur susceptible d'agir sur la plante et qu'il nous faut maintenant étudier : il s'agit de la fertilisation.

VII — INFLUENCE DE LA NATURE DE LA FERTILISATION ET DU TRAVAIL DU SOL SUR LA SANTE DE LA PLANTE.

1° INFLUENCE DE LA FERTILISATION MINERALE

Dans un récent travail (CHABOUSSOU, 1973) nous avons longuement étudié « *le rôle du potassium et de l'équilibre cationique dans la résistance de la plante aux parasites et aux maladies* ».

Or cette étude dans laquelle nous avons passé en revue les répercussions des fumures azotées et potassiques sur la résistance de la plante vis-à-vis des acariens, des insectes et des maladies, nous avait amené à cette conclusion que les fumures déséquilibrées ou excessives conduisent souvent « *à un état physiologique préjudiciable à la résistance de la plante dans la mesure où il implique un excès d'azote et de glucides solubles dans les tissus* ».

Et que c'était la raison pour laquelle il y avait donc lieu de rechercher un optimum des fumures, à la fois organiques et minérales, susceptible d'assurer à la plante un métabolisme conduisant à un maximum de protéogénèse ».

Or c'est exactement les conclusions auxquelles DUFRENOY (1936) avait déjà abouti, puisqu'il écrivait :

« *Toute circonstance défavorable à la formation de nouvelle quantité de cytoplasme, c'est-à-dire toute circonstance défavorable à la croissance, tend à provoquer l'accumulation, dans la solution vacuolaire des cellules, de composés solubles inutilisés : sucres et amino-acides ; cette accumulation de produits solubles semble favoriser la nutrition de micro-organismes parasites, donc diminuer la résistance de la plante aux maladies parasitaires* ».

Plus précisément, DUFRENOY fait remarquer « qu'un déséquilibre alimentaire, et en particulier un dérèglement du rapport N-P-K. peut influencer la résistance des plantes aux maladies en provoquant, dans la solution vacuolaire des cellules, une accumulation de produits solubles, tels qu'acides aminés ».

Et il nous faut encore citer notre auteur :

« *Mais pour être totalement utilisés, les aliments minéraux doivent être disponibles en proportions convenables. Toute déficience d'un élément empêchera l'utilisation des autres éléments présents en proportion relativement excessive et provoquera leur accumulation sous forme soluble dans la solution vacuolaire* ».

En particulier l'équilibre des éléments cationiques : K-Ca-Mg paraît-il fondamental, comme nous pensons le montrer plus bas à l'aide de deux exemples.

Le niveau et le transport de l'azote soluble sont accrus par une *déficience en potassium* qu'accélère la sénescence de la feuille et par suite le déclenchement de l'hydrolyse des protéines ; toutes conditions favorisant donc la sensibilité aux pucerons (VAN EMDEN et WEARING, 1967).

De même, l'équilibre K - N est-il important, notamment chez la vigne où l'élévation du taux de potasse entraîne une sensible régression des acides aminés, ce qui paraît bien expliquer les effets bénéfiques des engrais potassiques vis-à-vis de diverses maladies et en particulier du *mildiou*.

C'est au contraire l'incidence néfaste de certains pesticides comme par exemple divers insecticides ou acaricides, mais aussi des anticryptogamiques vis-à-vis de la physiologie de la plante, qui par l'inhibition ou l'arrêt de la photosynthèse qu'ils entraînent, peuvent au sens littéral du mot *empoisonner la plante* et la rendre vulnérable aux maladies et aux acariens.

Nous indiquerons enfin pour être complet que dans la nutrition et donc la résistance de la plante, jouent non seulement les éléments majeurs mais aussi et ceci d'une façon très importante, *les oligo-éléments*. Nous en donnerons divers exemples plus bas.

2° — INFLUENCE BENEFIQUE DE LA FERTILISATION ORGANIQUE

La fertilisation minérale, même équilibrée, ne paraît nullement suffire. DUFRENOY — toujours lui — a précisément souligné toute l'importance des fumiers et des fumures organiques sur la résistance de la plante. Ainsi a-t-il cité en exergue de son étude intitulée : « *Facteurs de croissance et liaisons actives des molécules* » cette phrase de PILAND et WILLIS :

« On a souvent tourné en ridicule les fermiers qui préfèrent ceux des engrais qui occupent le plus de volume et qui sentent le plus mauvais. Dans la mesure où le volume est fonction de la teneur en matière organique et l'odeur, de l'activité de putréfaction, cette préférence du fumier se justifie ».

De tels effets favorables des matières organiques seraient dus aux *facteurs de croissance* qu'elles contiennent. La plupart des urines contiennent en effet de l'*acide indol acétique*, lui-même issu du *tryptophane* par l'action des champignons et des bactéries du sol, et vraisemblablement aussi par les enzymes des plantes vertes.

D'autre part, c'est aussi grâce aux divers *oligo-éléments* qu'ils renferment : cuivre, bore, manganèse, fer, zinc, etc... que les fumures peuvent également favoriser la croissance et par conséquent, comme nous venons de le voir : la résistance de la plante.

Toutefois, il s'agit là de phénomènes complexes, dans lesquels entre notamment la nature du sol. En particulier : l'action des matières organiques sur l'*assimilabilité des oligo-éléments* se révèle extrêmement variable et comme on a pu le faire remarquer : dans l'état actuel de nos connaissances il est difficile de prévoir si un amendement aura un effet bénéfique ou non dans ce domaine (DELAS, 1973).

Cependant, c'est bien de cette façon que paraissent s'expliquer et se justifier les pratiques culturales empiriques et notamment certaines préconisations de l'agriculture dite « biologique ». Nous en verrons un exemple plus bas concernant la résistance vis-à-vis d'une maladie à virus.

Par contre, nous devons signaler que les fumures organiques, sans doute mal utilisées, peuvent sensibiliser parfois les plantes vis-à-vis de maladies, comme par exemple, le *Rhizoctonia* des plantes maraîchères (MOLOT, SIMONE, 1950-1951).

3° — INFLUENCE DU TRAVAIL ET DE L'AÉRATION DU SOL

Ici encore, nous devons citer DUFRENOY : « Les façons culturales, dit-il, ont pour but d'entretenir ou d'exagérer dans les sols, ce pouvoir oxydant dont dépend la fertilité, c'est-à-dire l'aptitude à porter des cultures productrices parce que robustes et saines ».

Quel serait donc le déterminisme d'une telle résistance de la plante grâce à une oxygénation des sols ? Dans ce cas encore, il paraît bien s'agir d'une stimulation de la protéosynthèse. En effet, une déficience dans l'aération des racines accroît le niveau des acides aminés et leurs proportions dans les tissus des plantes (LABANANSKAS et al, 1972).

Ces mêmes A. ont d'ailleurs démontré, sur *Citrus*, qu'une bonne aération dans l'environnement des racines, présente des effets hautement bénéfiques sur l'infestation par le *Phytophthora*.

Mais il faut aussi souligner que les façons culturales peuvent aussi agir par modification bénéfique de la structure du sol et sur sa teneur en eau. Car, — faut-il le rappeler ? — l'eau joue un rôle fondamental dans le métabolisme de la plante puisque toutes les réactions se font en milieu aqueux. Bref, on doit réaliser dans le sol un optimum hydrique : en évitant un excès d'eau susceptible d'entraîner une asphyxie des racines, aussi bien qu'une déficience pouvant provoquer l'hydrolyse des protéines dans les feuilles.

Or un tel enrichissement de la sève élaborée en azote soluble provoque, ainsi que nous l'avons déjà indiqué, un état biochimique de la plante éminemment favorable à la multiplication des pucerons (WEARING et al), des Cicadelles (JARAJAJ), des Acariens, mais aussi des attaques des Cochenilles et notamment d'*Eulecanium corni* sur Prunier. Selon l'importance des multiplications en fonction de la nature du terrain, THIEM a distingué : des sols résistants et des sols infectieux. Or ces derniers, qui sont détrempés et asphyxiants, peuvent être précisément transformés en sols résistants grâce à des labours ou des drainages, déterminant ainsi ce que l'on a pu appeler une phéno-immunité des arbres.

VIII — STIMULATION DE LA RESISTANCE PAR UN CONDITIONNEMENT PHYSIOLOGIQUE ADEQUAT DE LA PLANTE.

1° — DÉTERMINISME DES ATTAQUES. Comme le souligne bien DUFRENOY la susceptibilité — ou son inverse : la résistance — dépendant :

a — de la possibilité pour le parasite de se nourrir aux dépens des cellules vivantes de son hôte.

b — de la toxicité, vis-à-vis du pathogène, des produits formés par la cellule dans l'imminence de l'infection.

DUFRENOY remarque d'autre part que les relations nutritives semblent particulièrement importantes à considérer dans le cas des « parasites obligatoires » tels que les Rouilles, le Mildiou de la vigne et également les *Phytophthora*. Concernant les ravageurs animaux, on pourrait ajouter les Acariens et les Insectes piqueurs tels que Pucerons, Cochenilles, Aleurodes, Psylles, etc...

Bref — et comme il ressort de ce qui précède — la *stimulation de la résistance de la plante implique la mise en discordance de son état biochimique et des besoins nutritionnels des ravageurs*. Or si ceux-ci sont variables d'une espèce à l'autre, nous savons aussi que les ravageurs que nous avons considérés ont en commun des besoins en *substances solubles*. Et c'est pourquoi : tout facteur susceptible de stimuler la protéogénèse — au lieu de l'annihiler ou de la supprimer comme le font certains pesticides — pourra être à même de renforcer la résistance de la plante. Grâce à un certain nombre d'exemples, nous pensons montrer effectivement qu'en dehors des facteurs génétiques — les seuls guère considérés jusqu'ici — il est parfaitement possible d'atteindre ce but par la judicieuse mise en œuvre de certains facteurs extrinsèques dont le plus commun est le *mode de fertilisation*. Et ceci pour peu que l'on soit informé des besoins nutritionnels de la plante à protéger.

2° QUELQUES EXEMPLES DE RENFORCEMENT DE LA RESISTANCE DE LA PLANTE GRACE A UN EQUILIBRE DES FUMURES.

a — LABROUSSE a démontré qu'un certain équilibre N-P-K assurait un maximum de résistance des laitues vis-à-vis du *Sclerotinia libertiana*.

b — GASSNER a aussi montré que c'est en favorisant, ou au contraire en inhibant l'assimilation chlorophyllienne que les variations de l'équilibre N-P-K pouvaient exagérer ou diminuer la susceptibilité du blé vis-à-vis des rouilles. La résistance est corrélative, souligne-t-il, d'une nutrition diminuant la teneur des cellules en azote albuminoïde. (Or on ne peut manquer de rapprocher ce phénomène *bénéfique* de celui — *maléfique* — signalé plus haut de l'exacerbation de la sensibilité du blé aux rouilles par le traitement au DDT).

c — De nombreux exemples concernent *l'action bénéfique des fumures potassiques*, alors que c'est souvent l'inverse avec l'excès des fumures azotées.

Ainsi la potasse augmente-t-elle la résistance du maïs à l'*Helminthosporiose* de même d'ailleurs que le fumier de ferme (BOGYO, 1955) (1). Même phénomène pour l'*Helminthosporium* du riz.

Le potassium augmente également la résistance de la pomme de terre au « Black spot » (PRUMMEL, 1973). L'A. a même pu établir qu'au-dessus d'une teneur en potasse de 5 % dans les tissus foliaires, les risques de contamination sont très faibles.

— De même une élévation de la teneur en potasse favorise la résistance du pommier à la Tavelure. (LEFTER).

Enfin, au cours de nos essais conduits au Maroc, dans le Gharb, nous avons pu montrer que les engrais potassiques (sulfate et nitrate de potasse) entraînaient d'importantes régressions dans les attaques de Cochenilles sur Citrus. Or de telles diminutions dans le potentiel biotique de ces insectes paraissent en corrélation avec l'élévation du rapport $K/Ca + Mg$ dans les tissus des arbres. A son tour ce phénomène détermine vraisemblablement une régression dans le taux des substances solubles des tissus (acides aminés), lui-même en liaison avec le potentiel biotique des Cochenilles. (fig. 5).

d — Par ailleurs, diverses observations et expérimentations paraissent bien montrer, comme il est logique, que tel ou tel élément n'agit pas seul, en tant que tel, mais en inter-

(1) — Il n'y a nullement contradiction : les matières organiques renferment des quantités parfois importantes de phosphore, de magnésium et surtout de *potassium*.

venant sur *l'équilibre cationique* des tissus et comme cela paraît d'ailleurs ressortir de nos expérimentations sur *Citrus* au Maroc.

Ainsi, l'augmentation du taux de potassium paraît-elle agir bénéfiquement dans les cas ci-dessus en augmentant le rapport K/Ca : c'est ce que l'on constate notamment pour la résistance du maïs à l'Helminthosporiose ou du *Citrus* aux Cochenilles. Toutefois, dans d'autres cas, c'est-à-dire sur d'autres plantes et vis-à-vis d'autres affections, c'est *l'augmentation de la teneur en calcium* qui agit de façon bénéfique en majorant le rapport Ca/K ou Ca/Pa.

C'est notamment ce qu'il paraît bien résulter des travaux de STALL et al. (1965) concernant *l'influence favorable des amendements à base de calcium sur la régression des attaques de Botrytis sur la tomate.* (fig. 6).

De même, le calcium entraîne également la régression de diverses autres maladies telles que le *Verticillium* de la tomate (HUBBELING-CHAUDHARY, 1969), le *Rhizoctonia solani* du haricot (BATEMAN, 1964), la Verse des Céréales (VEZ, 1972).

Tout ceci devrait amener à réfléchir sur le problème des plantes calcicoles, sur l'opportunité des amendements calcaires et sur le choix des cultures en fonction de la nature du terrain.

Il est aussi intéressant de remarquer que certains dithiocarbamates comme le *manèbe* qui, d'une façon générale, exacerbent la sensibilité des tomates vis-à-vis du *Botrytis*, ne le font nullement *si les cultures sont en sol calcaire.*

Ce qui montre bien, une fois de plus, toute l'importance du conditionnement préalable de la plante, à la fois par la nature du terrain, par les amendements et les fumures que l'on lui apporte.

e — *Influence bénéfique des oligo-éléments.* Un certain nombre de travaux ont montré les effets bénéfiques, indispensables pour la résistance de la plante, de divers oligo-éléments vis-à-vis des maladies.

Rappelons que Gabriel BERTRAND, puis Didier BERTRAND ont montré l'énorme importance des oligo-éléments dans le métabolisme des plantes, un tel fait s'explique notamment en ce que, sur les quelques 10 000 enzymes dont on peut prévoir l'existence, 10 % sont reconnus comme étant des métalloprotéines.

Ces recherches fondamentales, notamment celles de Gabriel BERTRAND sur le *manganèse*, et celles de Didier BERTRAND sur le *molybdène*, ont abouti à des applications pratiques. Et notamment au fait que *l'application d'une très petite quantité des oligo-éléments convenables accroît considérablement les récoltes.* Ainsi D. BERTRAND a-t-il pu, grâce à des applications de molybdène dans le sol, obtenir des augmentations de récolte de soja de 80 % par rapport aux témoins.

Le même A. a aussi montré l'influence des oligo-éléments sur la qualité des récoltes et notamment sur celle du *vin.*

Or, il aurait été fort étonnant qu'agissant sur la qualité et aussi sur la quantité des récoltes par influence sur la *croissance* des plantes, les oligo-éléments n'interviennent pas également sur leur résistance vis-à-vis des maladies ou des insectes. Effectivement, si l'attention a été peu attirée jusqu'ici sur ces éventuelles corrélations, un certain nombre de faits paraissent bien confirmer l'influence bénéfique des oligo-éléments sur la santé de la plante.

Ainsi POLJAKOV (1971) a-t-il pu montrer les effets bénéfiques de l'application de certains oligo-éléments, par simple trempage des semences avant le semis sur la pourriture blanche (*Sclerotinia*) du Tournesol. Agissant en augmentant à la fois la protéosynthèse et la respiration, les oligo-éléments, tels que le cuivre, le manganèse, le cobalt ou le bore, intensifient tous les processus physiologiques. Alors que le mycelium se développe parfaitement chez les témoins, les plantes traitées résistent à l'attaque du champignon. Concomitamment, l'on constate que sous l'action de ces oligo-éléments dans les feuilles, il y a diminution des sucres réducteurs. Aussi : ne disposant plus d'assez de sucres dans les cellules, le champignon ralentit son développement.

C'est ce qui se produit notamment avec le cobalt et le manganèse et dans une moindre mesure avec le cuivre et le bore. En outre, les oligo-éléments favorisent une sécrétion plus abondante de substances protectrices de nature phénolique qui s'accumulent dans les endroits lésés.

A noter qu'effectivement, cette augmentation de la résistance du Tournesol au *Sclerotinia* par l'action des oligo-éléments s'accompagne d'une augmentation sensible des rendements et de la teneur en huile des graines.

Nous pourrions citer d'autres exemples : notamment l'effet favorable du molybdène sur la résistance de la pomme de terre au mildiou (MUDISH, 1967). Cependant, pour faire saisir, peut-être mieux encore, toute l'importance des oligo-éléments concernant la santé de la plante, nous voudrions examiner, avec quelques détails, les travaux que nous jugeons fondamentaux, de PRIMAVESI et al. sur la résistance du riz vis-à-vis de *Piricularia oryzae*.

f — Recherches de PRIMAVESI et al. sur la résistance du riz vis-à-vis de *Piricularia oryzae*.

En préambule, les A. ont soin de rappeler tout d'abord : « Qu'il n'existe pas de maladie de plante sans déficience minérale » et « que l'équilibre le plus délicat existe entre l'azote et l'oligo-élément cuivre ».

Ils insistent enfin, sur la nécessité de la présence d'oligo-éléments en quantité suffisante.

Concernant le riz, il font référence à MAHAPATRA (1970), ce dernier estimant que : « L'attaque par les champignons n'est qu'un effet secondaire chez les plantes présentant un excès d'azote et une déficience en oxygène, faits qui paraissent être toujours associés ».

Effectivement, les expériences qu'ils ont conduites avec le cuivre paraissent avoir vérifié la possibilité de contrôler l'excès d'azote. Les fumures élevées en azote accroissent la susceptibilité du riz vis-à-vis de la maladie tandis que le potassium la fait régresser.

Enfin les analyses du riz sain et du riz malade font ressortir de très significatives différences dans l'équilibre des éléments. Nous donnons quelques chiffres dans le tableau ci-après :

Equilibre	Riz sain	Riz malade
K/Ca	7,6	2,9
N/Cu	35,0	54,7
P/Mn	35,6	118,4

Enfin, nous donnons aussi la conclusion des auteurs qui nous paraît fondamentale car elle démontre la validité d'une correction des fumures dans le processus de l'augmentation de résistance de la plante vis-à-vis de ses agresseurs. PRIMAVESI et al. écrivent :

« Le cuivre est hautement efficace dans les sols à riz ». « Il est évident que la contamination de la semence, du sol et de l'eau par les spores de *Piricularia* n'a pas d'influence sur la santé de la plante quand sa nutrition est équilibrée. Même chez les variétés susceptibles, la maladie ne survient pas. On peut admettre que les niveaux de 18 ppm de manganèse et de 2 ppm de cuivre sont suffisants pour maintenir les plantes en bonne santé dans les sols étudiés ».

Quant à l'influence du climat ou du niveau de l'inoculum (spores), les A. l'estiment négligeable. Pour eux : « le déséquilibre minéral qui rend la plante susceptible à l'attaque paraît le facteur décisif ».

IX — DU ROLE DES FUMURES ET DES TRAITEMENTS PESTICIDES SUR LES MALADIES A VIRUS.

Comme nous pensons le montrer, les maladies à virus n'échappent nullement à cette règle, quant à la dépendance de leur gravité en fonction de l'état physiologique de la plante. Il ne faut donc pas s'étonner si l'intensité de la maladie dépend non seulement de la nature des fumures, mais aussi, très vraisemblablement, des traitements pesticides.

1° — ROLE BENEFIQUE DE LA POTASSE SUR LES MANIFESTATIONS DES MALADIES A VIRUS.

DUFRENOY signale que la carence en potassium — ou plus exactement un déséquilibre dans les éléments N-P-K — a souvent été rendue responsable de l'exagération de la susceptibilité des plantes aussi bien vis-à-vis des maladies à virus que des maladies cryptogamiques.

Ainsi fait-il observer que le tabac résiste mieux au Krausellkrankheit (dû au virus du « spotted wilt ») dans les sols où $N/K_2O = 0,25$ (BONING, 1931), et que la susceptibilité des plantules vis-à-vis de la « mosaïque jaune » causée par le virus dépend des conditions de nutrition. La dose d'engrais azoté qui permet une croissance rapide des plantules, leur confère une certaine résistance, tandis qu'une dose excessive, ralentissant la croissance, exagère la susceptibilité. Du point de vue potasse, les plantes recevant trop peu de potasse sont les plus sensibles. Cette susceptibilité diminue rapidement lorsque les plantes reçoivent de la potasse en quantité suffisante. (SPENCER, 1935).

Depuis, d'autres exemples de résistance aux maladies à virus par les fumures potassiques ont été donnés.

2° — REGRESSION D'UNE MALADIE A VIRUS PAR LES FUMURES ORGANIQUES.

MEHANI (1969) avait été amené à constater que sur une même variété d'artichaut, la mosaïque se développait en Tunisie alors qu'en France, les plants demeuraient sains. Aussi s'est-il demandé si de telles différences ne provenaient pas du mode de culture ? Une artichautière « bien cultivée » ne présentait pas de symptômes de dégénérescence. Ainsi concluait-il : « la fréquence de cette dégénérescence pouvait-elle être envisagée comme le fait de facteurs défavorables à un bon développement de la plante ».

Sur ces bases, MEHANI a conduit une expérimentation de fertilisation consistant à superposer à une fumure minérale uniforme, des fumures organiques échelonnées sur plusieurs années. Or, les résultats ont été spectaculaires : l'emploi du fumier a permis de réduire, dans d'énormes proportions, les symptômes de la dégénérescence de l'artichaut. (fig. 7).

Sans doute le processus profond réside-t-il dans l'action positive de ce type de fumure sur la protéogénèse, processus déclenché par les substances de croissance et les oligo-éléments contenus dans la matière organique préalablement fermentée.

L'augmentation de la protéogénèse implique en effet la diminution des substances solubles dans les tissus de la plante et notamment les acides aminés libres. Or l'on sait qu'effectivement, *les virus dépendent pour leur multiplication, des formes simples de l'azote*, ne pouvant utiliser les protéines normales de la plante. Ainsi, rappelons-le, paraît s'expliquer la résistance des tissus méristématiques — c'est-à-dire en voie de croissance active — vis-à-vis des atteintes des virus, par suite de leur faible teneur en substances solubles.

Par contre, *les virus s'accroissent lorsque les protéines s'autolysent*. Et c'est la raison pour laquelle on peut se demander dans quelle mesure une abusive et mauvaise utilisation de certains pesticides ne pourrait-elle se trouver à l'origine du développement des nombreuses maladies à virus auquel nous assistons à l'heure actuelle ?

3° — PESTICIDES ET DEVELOPPEMENT DES MALADIES A VIRUS.

La question que nous venons de poser n'est pas simplement une hypothèse de travail. Elle est fondée sur certaines observations. Ainsi POLJAKOV (1967) souligne bien, qu'utilisés pendant quatre ans dans la lutte contre le mildiou de la pomme de terre, les dithiocarbamates (types : zinèbe et manèbe) ont provoqué une augmentation des autres maladies et en particulier *des viroses*.

Or, de telles répercussions paraissent s'accorder parfaitement avec le fait, maintenant démontré, qu'utilisés dans certaines conditions et notamment à une époque déterminée du cycle de la plante, de nombreux pesticides — comme par exemple les esters phosphoriques — puissent inhiber ou même supprimer la protéosynthèse et provoquer dans les tissus *cette accumulation de substances solubles* pouvant être à l'origine non seulement de la recrudescence des maladies cryptogamiques, comme nous l'avons vu plus haut, mais aussi des viroses par un même effet d'ordre nutritionnel.

De toute façon, cette grave question mérite d'être posée et le problème d'être étudié. Quelle dérision en effet s'il était prouvé par hasard, que dans le même temps qu'on mobilise des équipes de physiologistes, de pathologistes, de généticiens et d'entomologistes pour lutter contre les maladies à virus, certains traitements pesticides — peut-être même consistant dans une seule et malencontreuse intervention — réduirait à néant pareille somme d'efforts !...

X — RESUME ET CONCLUSION.

I — L'étude approfondie des *déséquilibres biologiques*, autrement dit de la multiplication exacerbée des populations de ravageurs animaux ou de maladies cryptogamiques à la suite de certains traitements pesticides, semble avoir souligné toute l'importance des facteurs nutritionnels dans la virulence de ces différentes catégories de ravageurs.

II — Partant de cette constatation, l'étude des divers facteurs susceptibles d'agir sur la physiologie et donc le substrat nutritionnel constitué par la plante, paraît bien avoir confirmé leurs influences vis-à-vis des maladies et des insectes ou acariens.

Il en est ainsi par exemple de l'âge des tissus, de la nature du porte-greffe ainsi que des facteurs écologiques.

Toutefois paraît plus importante encore l'influence des *traitements pesticides* et du mode de *fertilisation*.

III — En ce qui concerne la *fertilisation*, celle-ci paraît nécessiter, pour faire face aux besoins nutritionnels particuliers de la plante en question, un équilibre déterminé des éléments nutritifs, aussi bien *oligo-éléments* qu'éléments majeurs tels que N-P-K.

Or il appert que cet équilibre doit être tel qu'il conduise à un métabolisme réalisant un maximum de protéosynthèse. Cette dernière paraît en effet en corrélation avec la résistance de la plante dans la mesure où elle réduit à un minimum le taux des substances solubles dans les tissus. Un taux élevé d'acides aminés libres et de glucides réducteurs sensibilise en effet la plante vis-à-vis des maladies et des ravageurs animaux : acariens et insectes piqueurs notamment.

C'est ainsi, semble-t-il, que de trop fréquentes erreurs dans la fertilisation : notamment l'abus d'engrais azotés, paraissent bien expliquer l'exacerbation de sensibilité de nombreuses plantes aussi bien vis-à-vis des maladies que des insectes. Ce qui a pu conduire à cette généralisation, sans doute abusive, que : « la plante cultivée est victime de maladies » (HOWARD).

IV — Toutefois, ce n'est semble-t-il, nullement par leur qualité d' « artificiels » que les *engrais minéraux* : N-P-K-Ca-Mg, etc... peuvent se montrer nuisibles. Personne en effet ne songe à nier leur nécessité, mais c'est parce que d'une part : l'optimum de leur équilibre peut ne pas se trouver réalisé et d'autre part : parce que, à ces éléments majeurs doivent être associés *oligo-éléments* et substances de croissance absolument nécessaires à la protéosynthèse.

Ainsi, paraissent s'expliquer, en partie tout au moins, l'action bénéfique sur la santé de la plante des fumures organiques et des composts bien élaborés, effets depuis longtemps et empiriquement mis en évidence par les agricultures traditionnelles telles que l'agriculture indienne ou chinoise et justement préconisés par l' « agriculture biologique ».

V — Quant aux effets néfastes d'un certain nombre de *pesticides* qui, au contraire, sensibilisent la plante vis-à-vis des acariens, des insectes ou des maladies, ils résulteraient d'un processus inverse : à savoir l'inhibition de la protéosynthèse et l'accélération de la protéolyse, aboutissant à l'accumulation de substances solubles dans les tissus. Or ces phénomènes paraissent beaucoup plus fréquents qu'on pourrait généralement le penser.

Ainsi cette influence des produits phytosanitaires et notamment de nombreux pesticides de synthèse justifie-t-elle, a posteriori, l'assertion de DUFRENOY (op. cit.) qui pouvait écrire :

« Une même cause perturbatrice, agissant sur des plantes d'un même génotype, l'évolution des phénomènes réactionnels dépend de la nutrition et des facteurs météorologiques : lumière, température ».

« *L'étude de l'immunité doit donc tenir compte du milieu naturel modifié par les méthodes de culture* ».

VI — Précisément, il ressort bien que l'importance des différents facteurs extrinsèques susceptibles d'agir sur la physiologie de la plante montre bien toute l'importance du conditionnement de la plante dans ses rapports avec les différentes catégories de ravageurs.

Ainsi faudrait-il aller jusqu'au bout de cette constatation et reconnaître que nous sommes encore beaucoup trop obnubilés par deux théories : la *théorie génétique* selon laquelle le génome constitue le principal facteur dans le déterminisme du métabolisme de la plante — ce qui amène à tenir pour négligeables les facteurs cultureux dans la santé de la plante.

Et d'autre part : la *thorie darwinienne* de la lutte pour la vie et de l'équilibre des espèces par le seul processus de la prédation ou du parasitisme, qui nous a trop fait perdre de vue l'importance primordiale des facteurs nutritionnels offerts par la plante quant au potentiel biotique des organismes vivant à ses dépens.

Bref, une telle prise de conscience nous menant à une plus juste appréciation des choses, devrait nous conduire à nous pencher davantage sur ce facteur fondamental et trop souvent oublié : aussi bien en médecine humaine qu'en phytiatrie et que constitue *l'importance du terrain*.

PHYSIOLOGIE ET RESISTANCE DE LA PLANTE

Fig. 1 — Attaques de *Oïdium cinula necator* sur vigne en fonction de la nature des produits anticryptogamiques utilisés contre le mildiou *Plasmopara viticola*.

Fig. 2 — Sensibilité des feuilles de la vigne au mildiou *Plasmopara viticola* en fonction de leur niveau sur le sarment.

Fig. 3 — Sensibilité des feuilles de vigne au *Botrytis cinerea* en fonction de leur niveau sur le sarment et de divers traitements anticryptogamiques.

Fig. 4 — Fécondité et durée de vie de l'araignée rouge *Panonychus ulmi* nourrie aux dépens du même greffon : le Merlot rouge, conditionné par deux types de porte-greffe.

Fig. 5 — Contamination des mandarines à la récolte par *Lepidosaphes beckii* Newman en 1970, selon les différents « traitements fumure » et en fonction du rapport $K/Ca + Mg$ dans les écorces (10 octobre 1969). Sidi Bouknadel, Maroc.

Fig. 6 — Corrélations entre les attaques de *Botrytis* sur tomate et la teneur des tissus foliaires dans le rapport Ca/P , lui-même fonction des amendements en chaux hydratée. (d'après les chiffres de STALL et al, 1965).

Fig. 7 — Influence du fumier et des engrais minéraux sur les manifestations de la mosaïque de l'artichaut. (d'après les chiffres de MEHANI, 1968).

VIGNE Essai blocs
La Tresne 1966

Répercussions sur l'OIDIUM:

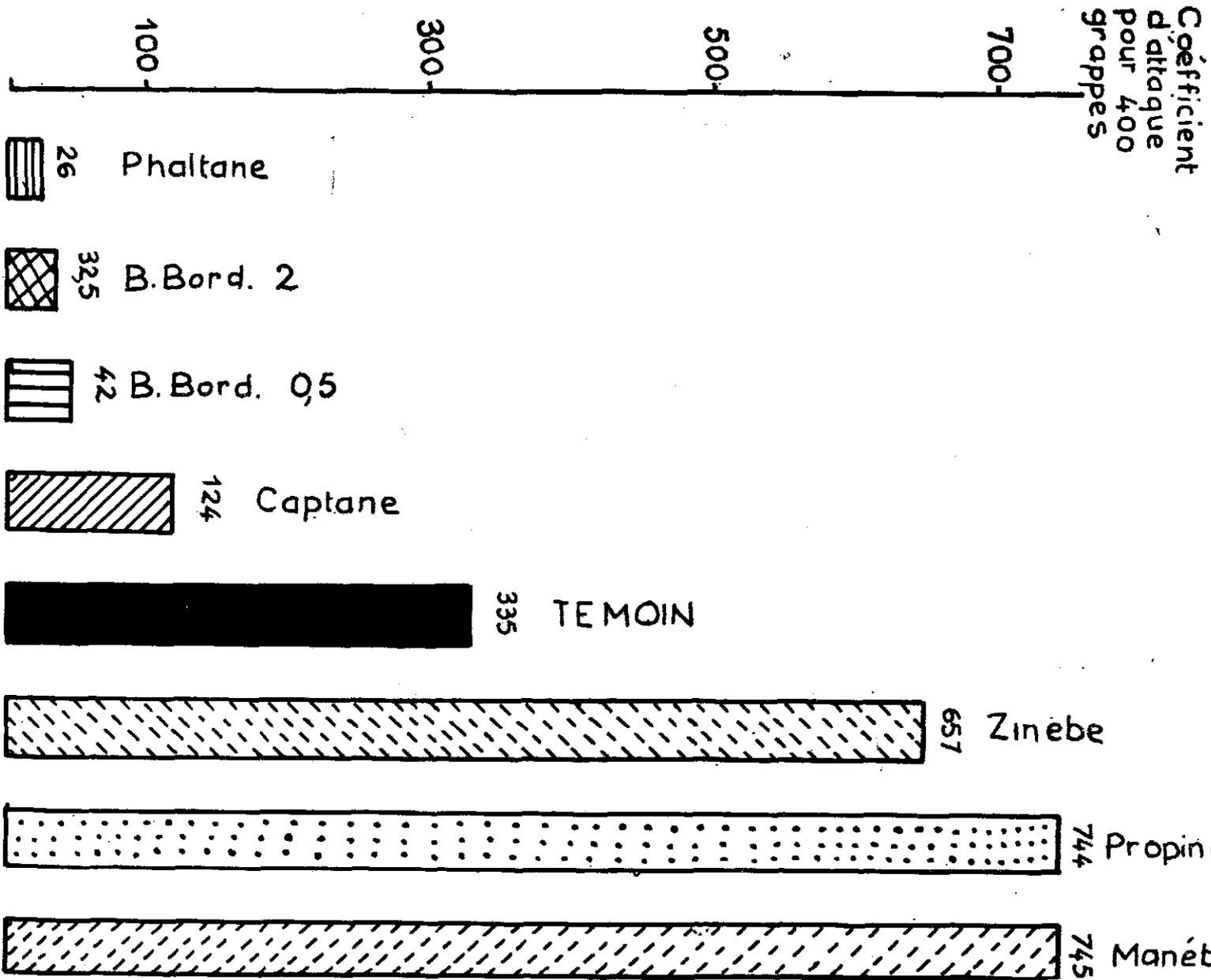
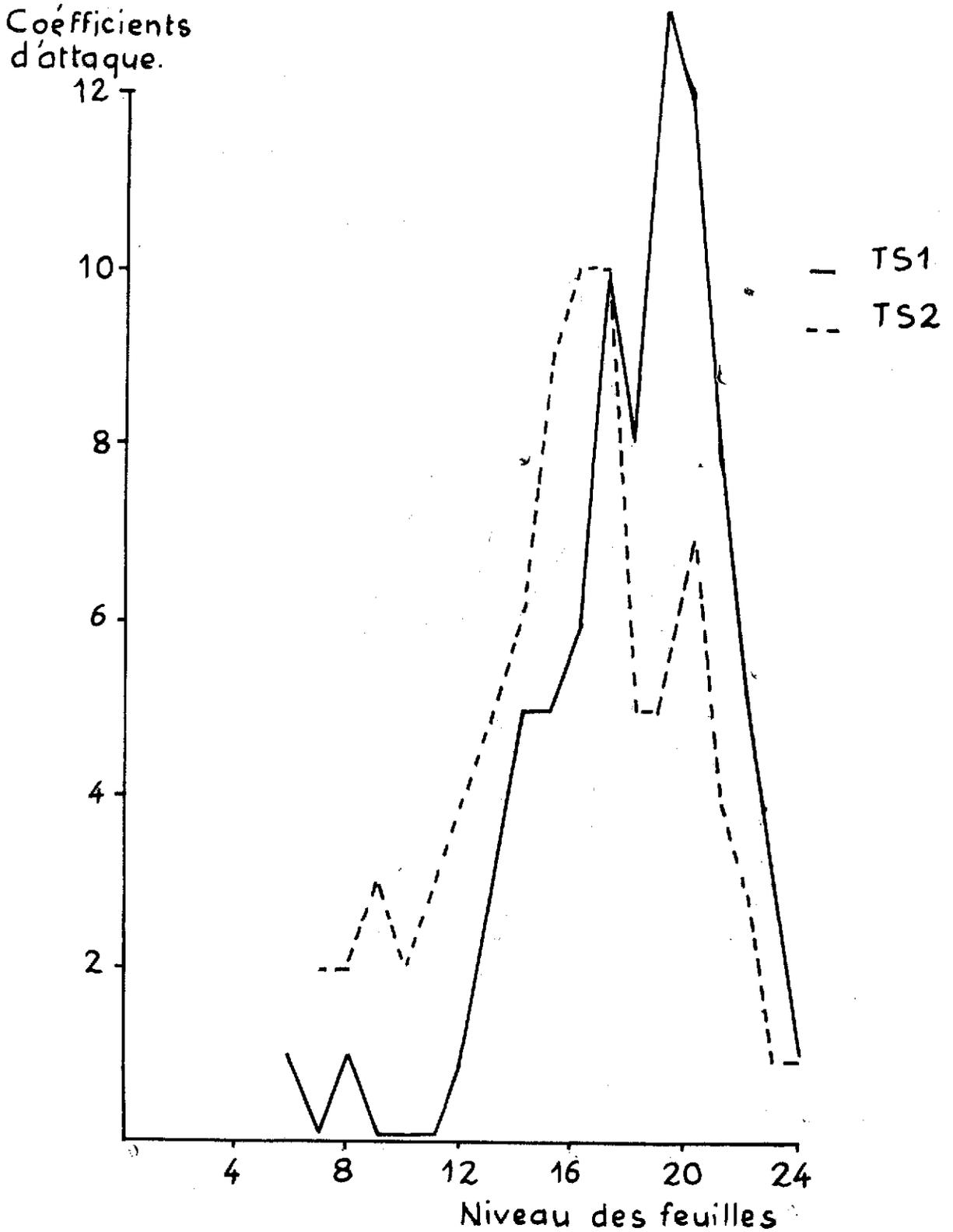


Fig. 1

MILDIOU sur chasselas
8 juillet 1970

Fig. 2

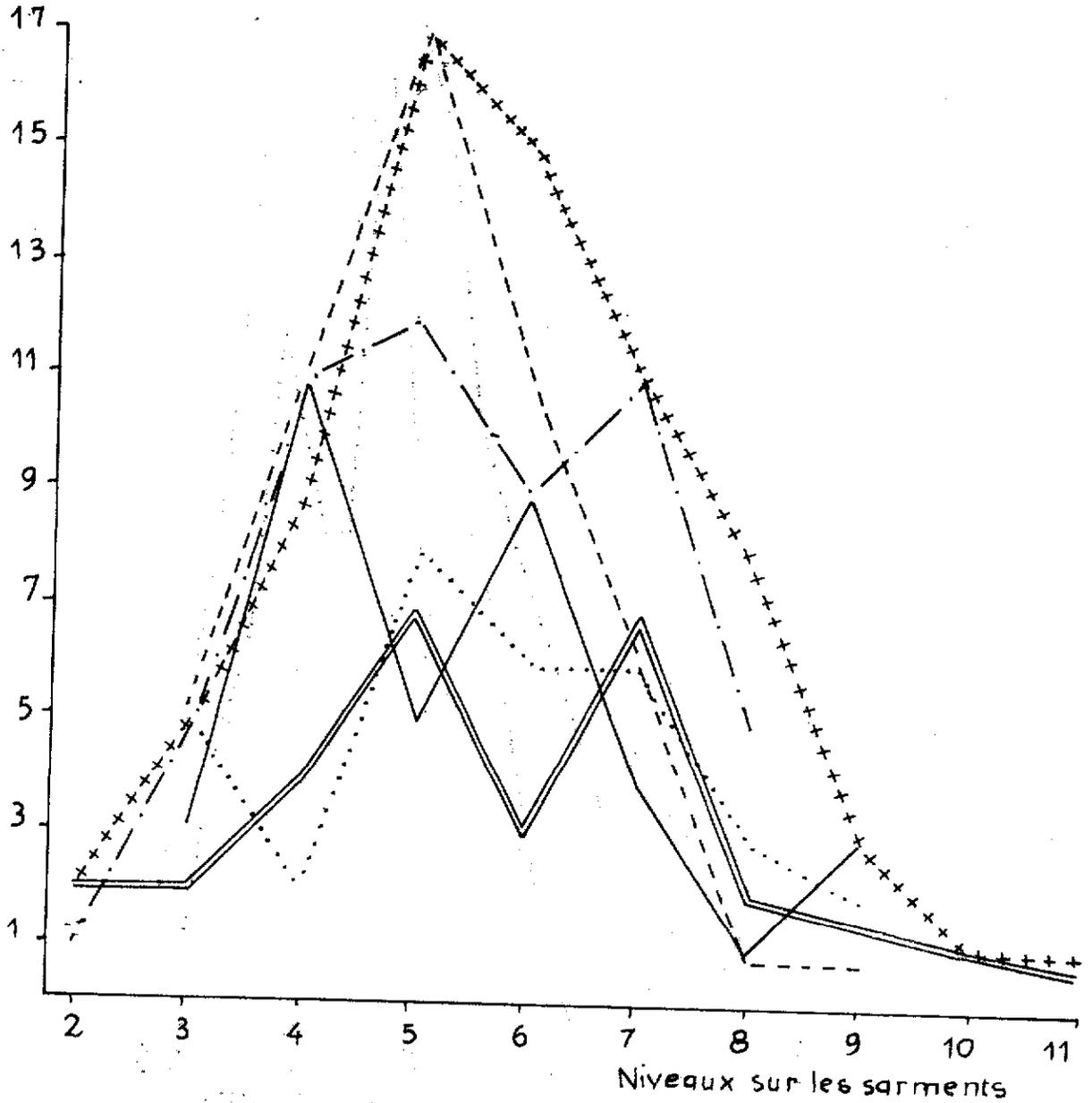


CARBONNIEUX Sauvignon.
17 Juin 1971

Fig. 3

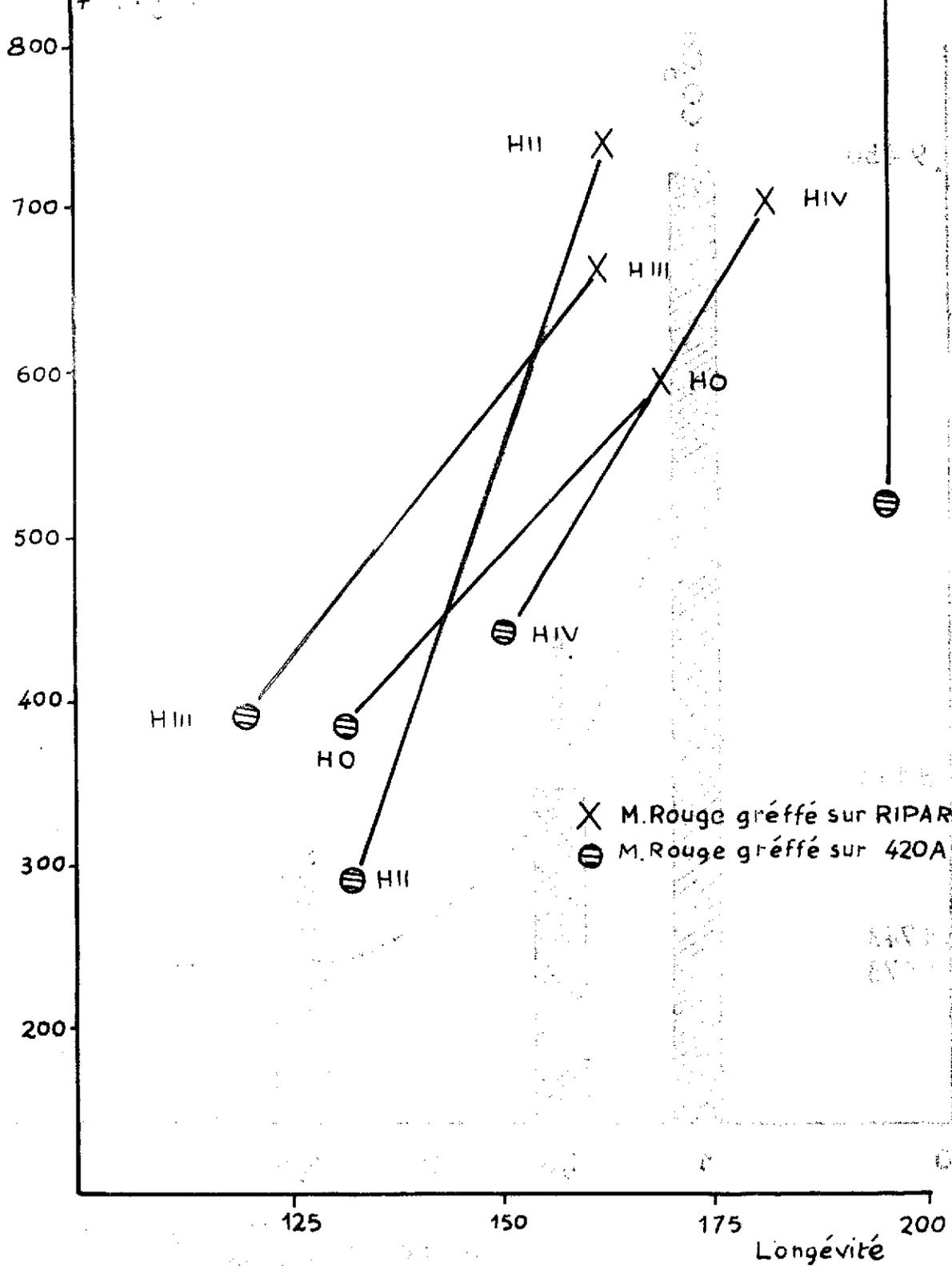
- TS4
- .-.- C.C.D+MF
- C.C.D
- ++++ Manèbe
- B.Bord 1%
- ==== TS3

BOTRYTIS sur feuille
attaques par niveau



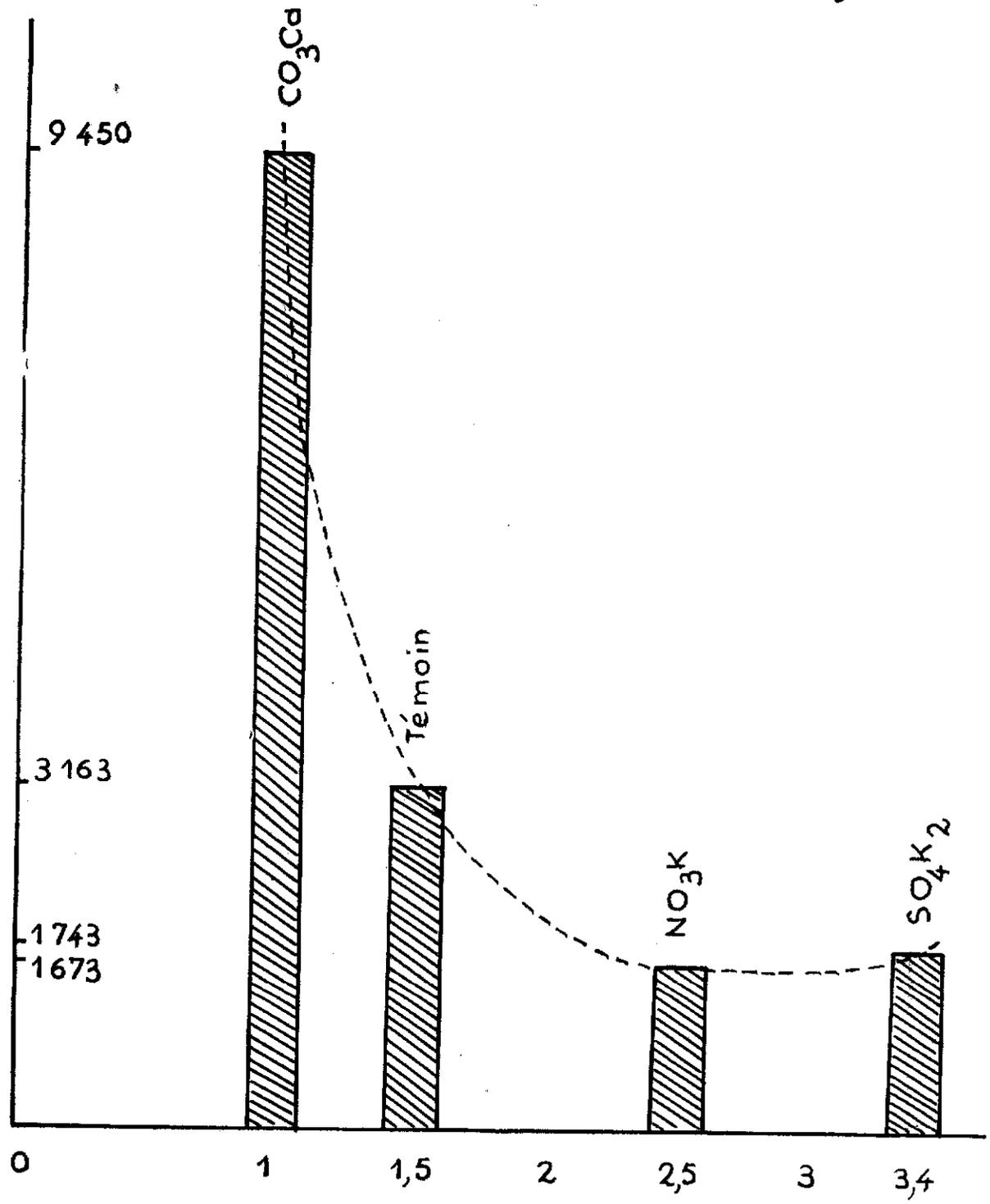
Fécondité totale
de 18 O

Fig. 4



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

Fig. 5



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

Fig. 6

- Influence de l'amendement
à base de chaux hydratée.

% Attaques
Botrytis sur
tomates.

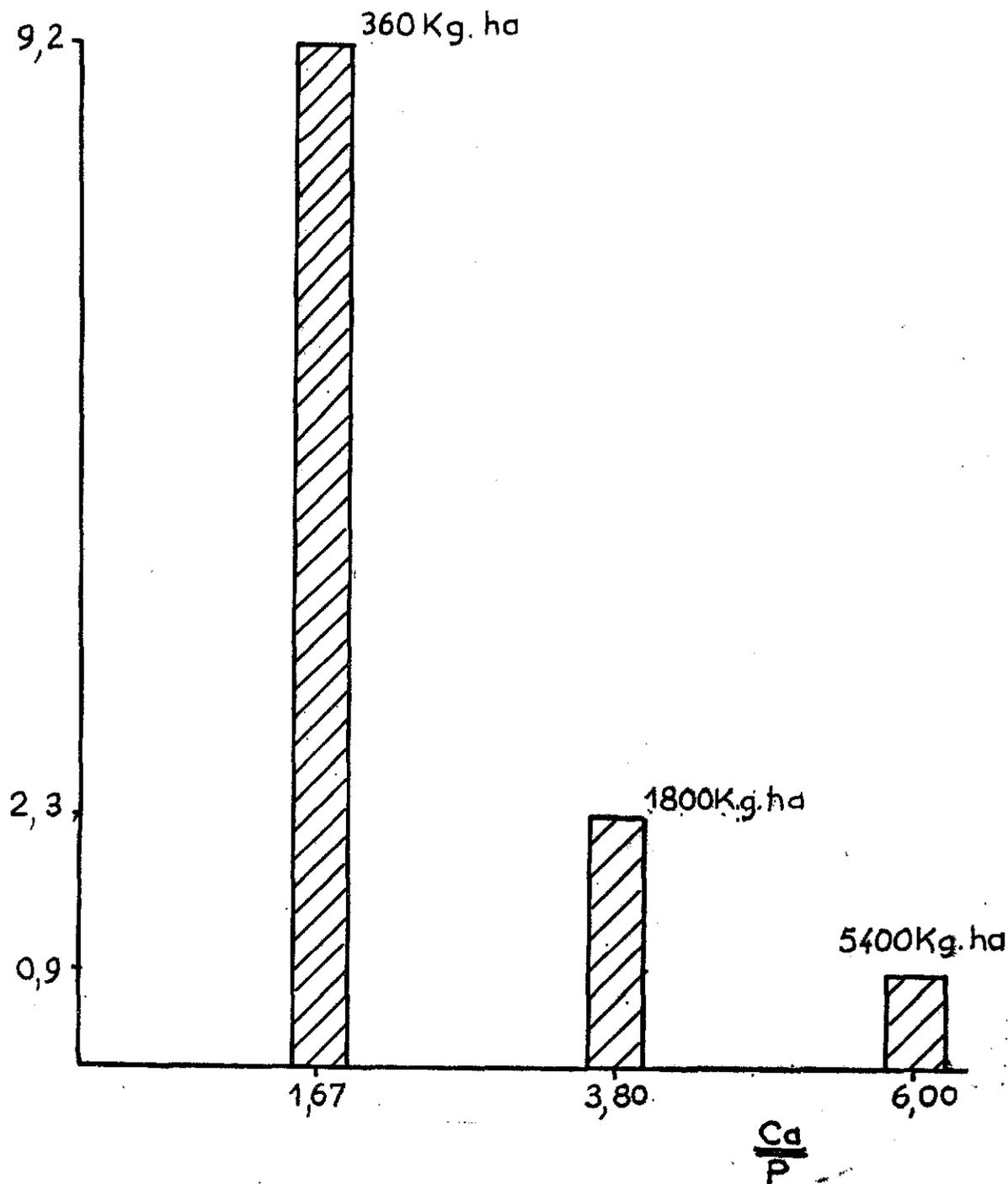
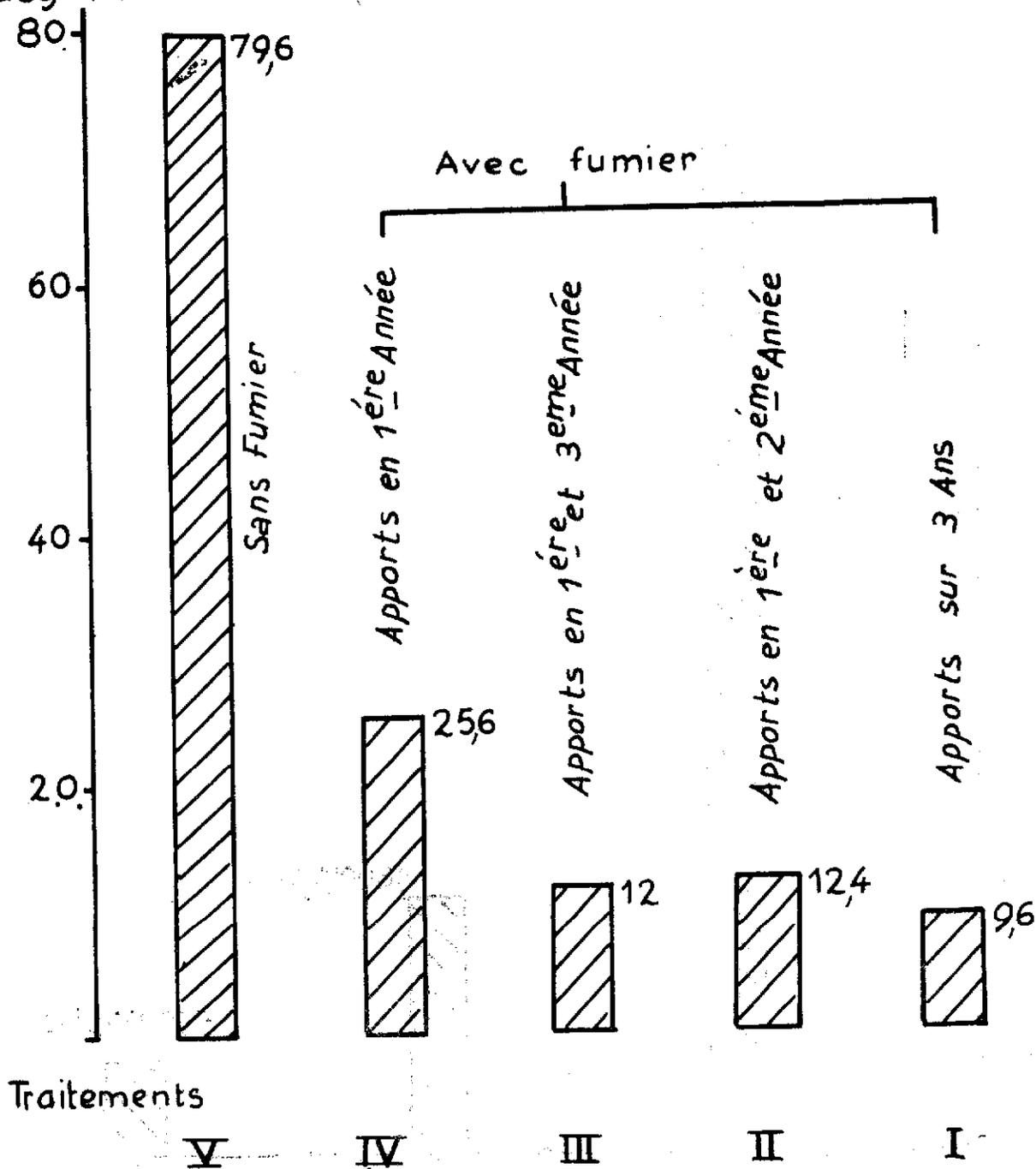


Fig. 7

Moy. de plants atteints de dégénérescence.

Fumures et mosaïque de l'Artichaut
Fumure minérale uniforme



BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE

- 1 — A.C.T.A., 1973 — Réponse à quelques questions sur l'emploi des engrais. (15 questions — 12 auteurs).
- 2 — ALLEN T.C. et CASSIDA J.F., 1951 Criteria for evaluating insecticidal toxicity aerial growth. *J. Econ. Ent.*, 44 : 737-746.
- 3 — BATEMAN D.P., 1964. An induced mechanism of tissue resistance to polygalacturonase in *Rhizoctonia* infected hypocotyls of bean. *Phytopathology*, 54 : 438-445.
- 4 — BOGDANOFF W., 1963. Changes in the composition and character of the bean plants after spraying with parathion or ekatin (en Bulgare). *Izv. Inst. Zash. Rast.*, 5 : 181-191. Sofia. (In *Rev. appl. Ent.* 1965, 486).
- 5 — BRZESKI M.V. et MACIAS W., 1967. The increased attack of *Ditylenchus dipsaci* on onion caused by some fungicides. *Nematologia*, 13 : 322.
- 6 — CARLES J.P., CHABOUSSOU F. et Paula HARRY, 1972. Influence de la nature du porte-greffe de la vigne sur la multiplication de l'araignée rouge *Panonychus ulmi* Koch. (Acarien : Tetranychidae), aux dépens d'un même greffon : le Merlot rouge. *C.R. Ac. Agr* 6 décembre 1972, 1403-1417.
- 7 — CHABOUSSOU F., Mlle G. MOUTOUS et LAFON R., 1968. Répercussions sur l'Oïdium de divers produits utilisés en traitement fongicide contre le mildiou de la vigne *Rev. Zool. ag. et appl.*, 37-48.
- 8 — CHABOUSSOU F., 1969. Recherches sur les facteurs de pullulation des Acariens phytophages de la Vigne à la suite des traitements pesticides du feuillage. *Thèse Doctorat ès Sciences. Fac. Scie. Paris.* 238 p.
- 9 — CHABOUSSOU F., 1970. Sur le processus de multiplication des Acariens par les acaricides phosphorés. *Rev. Zool. Agr. et Pathol. vég.*, 33-44.
- 10 — CHABOUSSOU F., 1970. Influence des pesticides sur la plante. Conséquences écologiques. *Bull. Soc. Ecologie*, 3 : 146-158.
- 11 — CHABOUSSOU F., 1970. Sur la responsabilité de certains fongicides utilisés contre le mildiou dans la recrudescence des attaques de la pourriture grise de la vigne. *C.R. Ac. Agr.* 1er juillet 1970, 987-994.
- 12 — CHABOUSSOU F., 1972. La trophobie et la protection de la plante. *Revue des questions scientifiques.* T. 143, n° 1 et n° 2, 27-47, 176-208. Bruxelles.
- 13 — CHABOUSSOU F., CARLES J.P., Paula HARRY et LE TORCH J.M., 1973. Dynamique des populations de l'araignée rouge *Panonychus ulmi* Koch et de l'araignée jaune *Eotetranychus carpini vitis* Boisd. sur cépage Merlot rouge en fonction de la nature du porte-greffe. *Connaissance de la Vigne et du Vin*, n° 4 : 341-357.
- 14 — CHABOUSSOU F., 1973. Le rôle du potassium et de l'équilibre cationique dans la résistance de la plante aux parasites et aux maladies. *Le Document technique de la SCPA*, n° 16, 26 p. Mulhouse.
- 15 — CHABOUSSOU F., 1974. Le conditionnement physiologique des *Citrus* comme moyen de lutte vis-à-vis des ravageurs des agrumes. *Fruits*, vol. 29, n° 1 : 28-33.

16 — DELAS J., 1973. Effets des matières organiques sur les propriétés du milieu. *B.T.I.*, 285, L 3 Agro, 842-847.

17 — DUFRENOY J., 1935. Les problèmes physiologiques en pathologie végétale. *Ann. agronomiques*. I.d. : 631.092.8, 1-34.

18 — DUFRENOY J., 1936. Le traitement du sol, désinfection, amendement fumure, en vue de combattre chez les plantes agricoles de grande culture les affections parasitaires et les maladies de carence. *Ann. Agron. Suisse*, 37 : 679-728.

19 — DUFRENOY J., 1938. Facteurs de croissance et liaisons actives des molécules. *Annales agronomiques*. I.d. : 631.347.2, 7 p.

20 — FLANDERS S.E., 1970. Observations on host plant induced behavior of scale insect and their endoparasites. *Canad. Entomol.*, 102, n° 8 : 1913-20.

21 — GRAINGER J., 1967. La Cp/Rs, nouvelle clef de la phytopathologie. *Span*, 15 : 44-49.

22 — HASCOET M., 1957. L'action des produits pesticides sur la végétation des plantes traitées. *Cab. Ong. Agron.*, 116 : 9-16, 3342.

23 — HORSFALL H.G. et DIMOND A.A., 1957. Interaction of tissue sugar growth substances and disease susceptibility. *Z. Pflanzenkrankheit*, 64 : 415-421.

24 — HOWARD A., 1971. Testament agricole. Pour une agriculture naturelle. Ed. Française *Vie et Action*. Marcq-Lille.

25 — HUBBELING N. et CHAUDHARY K.C., 1969. Influence of pH and calcium nutrition on the resistance of tomato seedling *Verticillium wilt*. *Med. Rijsk. Land.*, Gent, 34 : 937-934.

26 — I.N.R.A., 1971. Les maladies des plantes. Modes de développement et méthodes de lutte. (traduit de l'anglais).

27 — KLOSTERMEYER E.C. et RASMUSSEN W.P., 1953. The effect of soil insecticides treatments on mite population and damage. *J. econ. Ent.*, 910-912.

28 — LABANANSKA C.K., STOLZY L.H. et HANDY M.E., 1972. Protein and no protein aminoacids in *Citrus* leaves as affected by *Phytophthora* ssp, root infestation and soil oxygen content. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, t. 97, (4) : 433-436.

29 — LEPRINCE (Or A.), 1962. La médecine électronique, 198 p., Dangles, Paris.

30 — LUCKMANN W.H., 1960. Increase of European corn borers following soil application of large amounts of dieldrin. *J. Econ. Ent.*, 53 (4) : 582-584.

31 — MARTRES L., 1862. Quelques considérations sur la cause de l'*Oidium*. *Congrès scientifique de France, 28ème session, 1961, Bordeaux*.

32 — MEHANI S., 1969. Influence des fumures sur la dégénérescence infectieuse des artichauts due au virus latent, en Tunisie. *Ann. Phytopathologie. INRA*, vol. hors série. 405-408.

33 — MOLOT P.M. et SIMONE J., 1964. Action comparée d'une fumure organique et d'une fumure azotée sur le développement de *Rhizoctonia violacea*. *Rev. Zool. Agr. et Path. vég.*, 1 : 1-17.

- 34 — MUDICH A., 1967. Effect of trace elements bound to superphosphate on the resistance of Potato tubers to *Phytophthora infestans*. *Acta Phyto. Ac. Scien. Hungaricae*, 2 : 295-302.
- 35 — PANTANELLI E., 1921. Contribution à la biologie du milieu de la vigne. *Prog. agric. et vitic.*, 75 (85) : 111-161.
- 36 — POLJAKOV I.M., 1967. Effets de fongicides organiques nouveaux sur les plantes et les champignons pathogènes. *Rev. Zool. Agr.*, 1952-1964. (traduit du russe).
- 37 — PRIMAVESI A.M., PRIMAVESI A. et VEIGA C., 1972. Influence of nutritional balances on paddyrice on resistance to blast. *Agrochemica*, 18 (5) : 459-472.
- 38 — PRUMMEL I.J., 1973. Utilisation de la potasse comme engrais et sensibilité des pommes de terre au « black spot » (en néerlandais). *Bedrijfsontwick-keling*, t. 4, (6) : 595-99.
- 39 — SHIGEYASU AKAI, 1962. Application de potasse et apparition d'*Helminthosporium* sur riz. *Revue de la Potasse*, section 23, 7 p.
- 40 — SOL H.H., 1967. The influence of different nitrogen sources on : 1, the sugars and amino acids leached from leaves and on : 2, the susceptibility of *Licia fabae* to attack by *Botrytis fabae*. *Med. Rej. Landw.*, Gent. 768-775.
- 41 — SRIDHAR R., 1972. Carbohydrate metabolism of rice plants as influenced by nitrogen fertilization and the blast disease development *Piricularia oryzae*. *RISO*, 21 (3) : 269-273.
- 42 — STALL R.E., HORTENSTIN C.E. et BEY J.R., 1965. Incidence of *Botrytis* grey mould on tomato in relation to a calcium phosphorus balance. *Phytopath.*, 55 : 447-49.
- 43 — THIEM H., 1938. Condition of the gradation of insects. *Arb. Phys. u. ang. Ent.*, Berlin Dahlem, 3 : 229-255.
- 44 — TIETZ H., 1954. L'absorption et le transport de l'ester diéthylthionophosphorique, de l'éther S-oxyéthyl thioéthylrique marqué de P 32 dans les plantes supérieures. *Hofchen Briefe*, 7 : 1-55. (Ed. française).
- 45 — VERONA O., 1972. Der Einfluss des Kalkstickstoffs auf einige Gruppen von niederen Pilzen. *Landw. Forsch.*, 23 : 36-52.
- 46 — VEZ A., 1972. Examen de l'effet herbicide, fongicide et fertilisant de la cyanamide calcique dans une rotation chargée en céréales. *Rev. Suisse agric.*, 4 (1) : 18-21.
- 47 — WEARING C.H. et Van EMDEN H.E., 1967. Studies on the relations of insect and host plant. I — Effect of water stress in host plants on infestation by *Aphis fabae* Scop., *Myzus persicae* Sulz. et *Brevicoryne brassicae* L. *Nature*, 213, n° 5080, p. 1051.