

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
ET TECHNIQUE OUTRE-MER
47, bld des Invalides
PARIS VII°

COTE DE CLASSEMENT n° 3878

PHYTOPATHOLOGIE

ENQUETE SUR LES NEMATODES PHYTOPARASITES DE MADAGASCAR

par

M. LUC

ENQUÊTE SUR LES NEMATODES PHYTOPARASITES
DE MADAGASCAR

par

Michel IUC

Maitre de Recherche O.R.S.T.O.M.

C'est à la demande du Haut Commissariat à Madagascar qu'une mission de notre part ~~avait~~ avait été accordée par Monsieur le Directeur de l'O.R.S.T..O.M.

Cette mission était essentiellement motivée par la manifestation en plusieurs endroits de fâcheuses détaches de flétrissement du cotonnier. De grands espoirs sont mis en la culture cotonnière pour revaloriser les régions assez pauvres du Sud-Ouest de l'île ; le flétrissement observé ressemblant quelque peu au wilt, une des plus graves affections du cotonnier, on s'alarmait fort justement. Des nématodes ayant été découverts par M. Dadant dans les racines des cotonniers malades, il fut décidé de faire appel à un spécialiste de ce groupe de parasites pour déterminer quelles ~~étaient~~ étaient leurs ~~responsabilités~~ responsabilités dans la menace qui pesait sur la culture cotonnière malgache.

Nous sommes arrivés à Tananarive le 23 Janvier 1957. Par suite de retards dans la végétation du cotonnier, il fut décidé, sur la suggestion de M. Barat, d'élargir le cadre de cette mission et au lieu de la confiner exclusivement à l'étude des nématodes parasites du cotonnier, d'effectuer ~~sur plusieurs~~ plusieurs tournées permettant de rapides coups de sonde dans le plus grand nombre de cultures possible afin de préciser si d'autres problèmes nématologiques ne se posaient pas à Madagascar.

Le programme des déplacements a été le suivant :

23-28 Janvier : Tananarive. Laboratoire d'Ambatobé.
29-30 Janvier : Ambilobe. Visite de la ~~XXXXXXX~~ SOSUMAV.
31 Janv.-1er Fév. : Ambanja
2-5 Février : Nossy-Be
6-7 " : Majunga
8-13 Février : Tananarive. Laboratoire d'Ambatobe
14-15 " : Lac Alaotra
16-17 " : Tananarive
18-19 Février : Lac Itashy
20-24 " : Tananarive
25 " : Antsirabé. Centre "Armor"
28 Février : Arrivée à Tuléar
1er Mars : Ankilimalinika. Concession Raccaud
2-4 " : Tuléar. Laboratoire I.R.C.T.
6-9 " : Station Agricole du Bas-Mangoko
10-11 " : Tuléar
12 " : Ankilimalinika
13-19 " : Tuléar. Miary.
20 " : Ankilimalinika
21 Mars-4 Avril : Tuléar -Miary
5-7 Avril : Tananarive
8-9 " : Majunga-Marovoay
10 " : Tananarive
11 " : Départ pour Paris

La première tournée, du 29 Janvier au 8 Février, en compagnie de M. Barat, permit de prélever des échantillons sur les cultures suivantes : principalement canne à sucre (Ambilobe, Nossy-Be, Ambanja), caféier (Nossy-Be, Ambanja), pamplemoussier (Nossy-Be), ylang-ylang (Nossy-Be), poivrier (Nossy-Be, Ambanja), Riz (Ambanja), Bananier (Nossy-Be), kapokier (Nossy-Be). Malheureusement cette tournée eut lieu au moment de fortes pluies et le sol très détrempe, inondé même par endroits, n'était pas dans un état très favorable ~~aux~~ aux prélèvements. Les inondations autour de Majunga ne nous ont pas ~~permis~~ permis à ce moment d'examiner les cultures de cette région.

La courte tournée (14-15 Février) au lac Aloatra, également en compagnie de M. Barat était surtout consacrée au manioc. Des échantillons de riz, de bananier et d'ananas furent également prélevés.

La tournée au lac Itashy (18-19 Février), en compagnie de M. Brenière, était destinée à l'étude des sols à Tabac. Ces sols n'étaient pas en culture à cette époque de l'année, mais diverses méthodes ont permis cependant de reconnaître dans ces sols la présence d'un nématode parasite grave.

Au cours de notre voyage en voiture vers Tuléar nous nous sommes arrêté un jour (25 Février) à Antsirabé où sous la conduite du Chef du Service d'Agriculture de cette région nous avons visité le "Centre de Multiplication ~~de la pomme de terre~~ "Armor" où de graves attaques de nématodes ~~sur~~ sur pomme de terre et autres cultures ont été constatés. Quelques champs autochtones ont été également sondés. A notre retour de Tuléar, le 4 Avril, quelques échantillons supplémentaires furent prélevés dans la pépinière de la station d'Antsirabé.

Le séjour dans la région de Tuléar fut essentiellement consacré au cotonnier.

Enfin un bref voyage à Marovoay, du 8 au 9 Avril, en compagnie de M. Barat, avait pour but de vérifier si des introductions non contrôlées de riz ~~aux~~ en provenance des U.S.A. n'avaient pas en même temps ~~introduit~~ introduit des nématodes parasites. Nous verrons plus loin que les craintes émises à ce sujet par M. Barat étaient justifiées.

Il nous faut remercier ici tous ceux qui à un titre ou à un autre ont facilité notre mission : MM. Barat, Brenière et Careshe, du Service de l'Agriculture, et MM. Delattre et Martin, de l'I.R.C.T., chez qui nous avons toujours rencontré une aide amicale et compétente; M. Bosser, Botaniste de l'I.R.S.M., à qui est due la détermination des plantes sauvages; M. Didier de St. Amand qui nous a transmis son rapport sur le rôle du sol dans les affections du cotonnier; Florentin Razafindranaivo enfin qui nous seconda efficacement sur le terrain et au laboratoire.

Une mention particulière est due au Dr. Seinhorst, de l'I.P.O. (Wageningen. Hollande) qui, en nous offrant les facilités de travail de son laboratoire, du 16 Septembre au 6 Octobre, nous a permis grâce à ses conseils éclairés de déterminer les échantillons ramenés et de profiter de sa grande expérience dans ce domaine particulier de la pathologie végétale.

.
..

Chapitre I

Les Nématodes Parasites des Plantes

Le rapport traiterait d'organismes phytopathogènes tels les champignons ou les insectes, qu'aucune introduction ne serait nécessaire, les agronomes étant depuis longtemps au fait de l'importance des dommages causés, de l'aspect général des dégâts et de la biologie de ces parasites; mais ~~en~~ traitant des Nématodes, un chapitre relatif à la biologie et à l'importance économique de ceux-ci est une stricte nécessité tant est grande la méconnaissance de ce groupe de parasites invisibles pour le profane et souvent discrets dans les manifestations extérieures des graves dégâts qu'ils occasionnent.

Les Nématodes:

Les Nématodes (ou Némathelminthes ou "Vers Ronds") constituent le groupe zoologique dont la variété d'adaptation semble la plus grande. On a pu dire qu'à l'exception de l'adaptation au vol ils avaient colonisé tous les biotopes, encore certains d'entre eux se font-ils transporter par les insectes ou les oiseaux. On trouve en effet des nématodes marins, vivant dans les premières couches de sédiments, depuis les sables côtiers jusqu'aux profondeurs des grandes fosses marines et ~~aux~~ depuis l'équateur jusqu'aux côtes du Spitzberg et du Continent Antarctique. D'autres vivent ~~en~~ dans les eaux douces, rivières et lacs; les sources chaudes même possèdent leurs espèces particulières. D'autres dans le sol, dont il semble bien qu'aucun type ne soit dépourvu; les sols suspendus ~~et~~ des Broméliacées contiennent même bon nombre d'espèces. Des groupes différents enfin se sont adaptés au parasitisme des animaux et des végétaux. Pour les premiers, parasites des animaux ou de l'homme (filaires, oxyures, ascaris, etc...), de nombreux travaux ont établi leur importance; leur parasitisme s'étend à presque tous les groupes zoologiques et il est ~~très~~ ~~très~~ rare qu'un vertébré ne soient pas infestés ~~de ces une ou plusieurs espèces~~ ~~il est bien rare~~ ~~a~~

une ou plusieurs espèces
dées (le ~~sa~~ chat en possède 33 , le cheval 69). Pour les seconds
plusieurs milliers de cas de parasitisme en vers les plantes ont
été relevés et quelques centaines d'espèces d'espèces décrites
dont une bonne vingtaine constituent un véritable danger pour l'agri-
culture; danger malheureusement la plupart du temps sous-estimé
comme nous le verrons plus loin.

L'importance numérique même des nématodes dans les
différents biotopes est remarquable. Ainsi pour les sables cotiers
ils constituent le groupe zoologique le plus abondamment représenté;
on a pu estimer le nombre de nématodes contenus dans les 20 premiers
centimètres, en profondeur, du sable d'une plage à 400.000 par m².
Dans les sols des chiffres de 10 millions pour les 30 premiers cm.
ne sont pas rares. Une seule galle de blé (la "nielle" due à Angui-
na tritici) peut contenir 90.000 individus; enfin on a pu compter
jusqu'à 5.544 oxyures expulsés par un homme après traitement.

On voit donc que les nématodes constituent un des
groupes les plus dignes d'attention à bien des égards.

Les Nématodes phytoparasites:

Dans l'étude des nématodes phytoparasites il nous
faudra d'abord distinguer le "parasitisme" de la "pathogénicité".
Est parasite tout être qui vit aux dépens d'un autre être ~~vivant~~
vivant; par contre la pathogénicité ~~est le pouvoir de léser~~
est le pouvoir d'un
organisme est le pouvoir qu'il a de léser le fonctionnement vital
d'un autre être vivant. On voit que la distinction entre les deux
termes n'est pas nettement limitée, tout parasite lézant quelque
peu que soit son hôte. Mais ici nous entendrons par parasite " tout
nématode vivant aux dépens d'une plante " et par pathogène, dans
une définition plus agronomique que biologique, " tout parasite cau-
sant des dégâts visibles, chiffrables sur les cultures".

Il est rare en effet qu'une plante quelconque ne pos-
sède pas un cortège de nématodes vivant à ses dépens, mais en géné-
ral en petit nombre, la plante n'en souffrant apparemment pas (des
infections légères de nématodes augmentent même parfois les rende-
ments). Par contre lorsque le nombre de nématodes est très grand
ou l'espèce particulièrement virulente, la plante peut être sérieu-
sément lésée.

Quoique connus depuis fort longtemps (le genre
Anguina a été décrit par Scopoli en 1777), les nématodes parasites
des plantes ne sont l'objet de recherches suivies et d'une grande
envergure que depuis une trentaine d'années. Encore l'étendue ~~de~~
de leurs ravages est-elle encore considérablement sous-estimée. Cela
provient de ~~plus~~ plusieurs ordres de faits : la taille des parasites,
petits vers de 0,5 à 1 mm. long, leur mode de vie caché dans le
sol ou les fines radicelles; les techniques d'études assez particu-
lières; le fait également que la nématologie agricole ne soit pas ~~ex~~
enseignée ou traitée comme une question subsidiaire de l'entomolo-
gie, sans rapport avec son importance réelle. D'autre part les dégât
dus aux nématodes ne sont pas toujours évidents ou quantifiés

~~sont~~ ne sont pas caractéristiques et peuvent fort bien être attribués à d'autres causes..

En effet si quelques espèces attaquent les graines ("nielle" du Blé due à Anguina tritici), les feuilles (Aphelenchoides ritzema-bosi sur Chrysanthème) ou les bas de tige (Ditylenchus dipsaci sur bon nombre de plantes des pays tempérés), la presque totalité des espèces vit aux dépens ~~du~~ du système racinaire des plantes. Dans la plupart des cas la pénétration a lieu à l'état de jeunes larves; cette pénétration peut se faire en un point privilégié, zone sous-apicale par exemple, mais le plus souvent elle a lieu indifféremment tout le long des jeunes radicelles. Les larves se développent ensuite en adultes dont les femelles pondent leurs oeufs à l'intérieur du tissu racinaire, la pourriture ultérieure de celles-ci assurant leur libération; quelquefois la pénétration peut également avoir lieu à l'état adulte. Ceci est le type même du développement d'un nématode dit "endoparasite", la majorité de son cycle se passant à l'intérieur des racines. Pour les "ectoparasites" la majorité du cycle se déroule dans le sol; chez les ectoparasites sédentaires, la partie avant des femelles est seule engagée dans les tissus radiculaires où elles puisent leur nourriture, la partie postérieure restant à l'extérieur; ces femelles pondent leurs oeufs directement dans le sol, les larves et les mâles, souvent très différents des femelles, étant libres ~~dans le sol~~; quelquefois même les femelles ne sont reliées au tissu racinaire que par leur stylet très allongé (Criconemoides entre autres). Enfin il est un autre type de parasites, dits "ectoparasites ~~migrateurs~~ migrateurs" où mâles et femelles, en ce cas peu différents les uns des autres, vivent entièrement dans le sol et se nourrissent en venant piquer de temps en temps les racines (Xiphinema). On conçoit que pour les derniers cas le repérage des parasites et la démonstration de leur nocivité ~~soient délicates~~ soient délicates.

Les racines attaquées par les nématodes présentent rarement des symptômes nets; c'est le cas des attaques de Meloidogyne spp. (ex Heterodera marioni): les femelles de ces espèces sont logées dans les racines qui s'enflent en des galles parfois énormes, très aisément reconnaissables. Parfois les racines présentent des extrémités gonflées, digitées (attaques de certains Pratylenchus) ou de petites traces brunes, plus ou moins allongées. En cas d'attaques ~~massives~~ massives les racines finissent par disparaître par suite de pourritures secondaires.

Les symptômes sur les parties aériennes sont encore beaucoup moins nets. Ces symptômes sont ceux corrélatifs à un affaiblissement du système racinaire prévaquant une déficience de l'alimentation en eau et en éléments minéraux. Cette situation se traduira donc extérieurement par un aspect de flétrissement, de fanaison, de chlorose ou simplement de rachitisme; et de ce fait l'action propre des nématodes peut fort bien passer inaperçue et les dégâts observés attribués à une carence, une "fatigue" du sol, une trop grande sécheresse, etc.... Ainsi le "white-tip" du riz fut-il tenu longtemps pour une carence en divers éléments, malgré les résultats contradictoires des expériences à ce sujet, jusqu'à ce que l'on reconnaisse comme unique responsable le nématode Aphelenchoides oryzae. Ces cas sont particulièrement nets dans les régions de monoculture

superpose

où après un certain nombre d'années un sol est dit fatigué de cette culture; dans la majorité de ces cas, cette fatigue est due à l'action nocive d'un nématode spécialisé à la culture en question, nématode dont l'accroissement de population affecte de plus en plus la plante hôte. D'autre part l'action nocive des nématodes se ~~rejoint~~ ^{ajoute} à celle ~~des~~ des mauvaises conditions de culture ou de sol et ne devient souvent très apparente que lorsque ces dernières dépassent un certain seuil.

Une des caractéristiques remarquables des attaques de nématodes est qu'elles sont rarement léthales pour la plante hôte. Il se crée au contraire une sorte d'équilibre entre le parasite et l'hôte, mais cet équilibre est obtenu aux dépens de la croissance et de la production de la plante. Dans ce cas si de telles infestations équilibrées sont uniformément réparties sur une région, elles peuvent très bien passer inaperçues. Ainsi en Côte d'Ivoire, on observait bien à partir de la deuxième ou troisième culture d'Ananas sur le même terrain, un notable baisse de rendement, sans symptômes morbides externes, imputée alors à un épuisement progressif du sol (bien que les apports d'engrais ne permettent pas de faire remonter le rendement); en fait tous les ananas de Côte d'Ivoire étaient parasités par plusieurs espèces de nématodes dont le taux allait ~~croissant~~ croissant avec les cultures successives.

On voit donc que la nocivité des nématodes est insidieuse, difficilement décelable, facilement confondable avec l'action des facteurs du milieu. Cependant dans les cas de baisses de rendement progressives après plusieurs campagnes, sans réponse aux engrais, dans ceux de naïsme, de chlorose, de flétrissement, on devra toujours soupçonner et rechercher les nématodes.

Ceux-ci

Les ~~nématodes~~ peuvent encore agir d'une manière indirecte comme introducteurs d'autres agents pathogènes: dans le cas du "chou-fleur" du fraisier diverses espèces introduisent des bactéries qui sont responsables des dégâts observés; les travaux sur le "wilt" du Cotonnier, dû à Fusarium oxysporum, furent longtemps handicapés par l'inconstance des infections expérimentales par le champignon, jusqu'au moment où il fut démontré ~~aux U.S.A.~~ que, pour les U.S.A. tout au moins, diverses espèces de nématodes servaient d'introducteurs au champignon: le Fusarium peut être présent dans le sol, si celui-ci ne contient pas d'espèces parasites du cotonnier le wilt ne se produira pas; mais ~~inversement~~ inversement les nématodes seuls ne donnent aucun symptôme de wilt.

Ainsi également dans les cas de maladie due à un champignon entrant par les racines et dont il est prouvé qu'il ne peut pénétrer seul dans celles-ci, il faudra toujours avoir présent à l'esprit le rôle possible des nématodes comme introducteur du parasite principal.

Moyens de lutte :

Comme dans tous les cas de maladie des plantes les moyens de lutte sont de deux ordres: les moyens directs par l'action de produits chimiques contre le parasite lui-même et les moyens indirects

rects visant à établir des conditions de milieu plus favorables pour la plante hôte ou plus défavorables pour le parasite.

Les moyens directs; nématicides:

Les nématicides actuellement en usage sont des produits chimiques liquides, volatils, que l'on injecte dans les sols infestés où leurs vapeurs toxiques en saturant ce sol tuent les nématodes qui y vivent. Les premiers produits employés furent le sulfure de carbone, produit cher, très volatil, inflammable, abandonné aujourd'hui et la chloropicrine, efficace mais très toxique pour l'homme, qui connaît un regain d'actualité.

Le premier nématicide employé sur une vaste échelle fut le " D D " (dichloropropane -dichloropropylène), mis au point en 1942 pour le traitement des sols à ananas aux Hawaï. Il s'agit d'un liquide lourd, volatil, non inflammable, corrosif pour les métaux usuels et la peau, que l'on emploie par injections à 15-20 cms. de profondeur et à raison environ de 10 trous au m²; la dose à employer, variant suivant le terrain et la gravité de l'infestation, est de 250 à 600 litres à l'hectare. Notons que seul le dichloropropylène est nématicide; il s'agit donc d'un produit à 50 % de matière active. Le "Dowfume N" est un produit de même formule.

Un bon nombre

~~de~~ des dérivés chlorés ou bromés des carbures de la série aliphatique sont nématicides; beaucoup ont été expérimentés positivement, mais peu ont été commercialisés. Citons en dehors du " D D ":

Le " E D B " (dibromure d'éthylène), volatil, non inflammable, s'employant à une dose moindre. Ce produit est commercialisé à des doses variables de produit actif sous les noms de: Dibromethane, E.D.B. 50, Bromofume X 10, Bromofume 20, Bromofume 40, Garden Dowfume, Iscobrome D, Soilfume 80-20, Soilfume X 60-40, Dowfume W 40, etc ...

Le " E C B " ou chlorobromure d'éthylène donne également de bons résultats; Le " C B P " ou 1,3 chlorobromo propene également.

Tous ces produits sont injectables, c'est à dire que déjà couteux par eux-même, ils nécessitent des appareils spéciaux (pals pour les petites surfaces, charrues légères avec dispositifs d'injection derrière chaque soc pour les traitements en champ), appareils couteux, précis, d'un entretien délicat, la plupart de ces liquides corrodant assez rapidement les métaux usuels. De plus ces produits sont phytotoxiques et les traitements nématicides devront alors avoir lieu 2 à 3 semaines avant la plantation; aucun traitement ne pouvant avoir lieu pendant la croissance des plantes on se trouvera donc désarmé dans le cas d'attaques de nématodes sur des plantes arbustives. Des exceptions sont possibles: ainsi on a pu en Guinée (Vilardébo) traiter les bananiers en plantation avec du D D ou de l' E D B, moyennant certaines précautions.

On a donc essayé de se libérer de ces deux sujétions: injection obligatoire et phytotoxicité. Pour la première aucun résultat définitif n'a encore été apporté; le 3 p' chlorophényl 5 méthyl-rhodanine, commercialisé sous le nom de "Stauffer N-244", est actif en suspension aqueuse et en poudrage du sol, mais son prix devient égard à son efficacité ne l'a pas fait finalement préféré aux fumigants classiques; toutefois son usage pourrait être précieux pour les ~~sur~~ traitements en milieu aquatique (rizières). Sous le chapitre de la phytotoxicité, un progrès sensible a été accompli par l'emploi du 1,2 dibromo - 3 chloropropane (ou "Shell-Nemagon"); c'est en effet un produit très actif à des taux relativement faibles (15 litres à l'hectare) et de plus dépourvu de toxicité envers un grand nombre de plantes: Citrus divers, pêcher, figuier, haricot, arachide, cotonnier, etc... Les pieds établis sont d'ailleurs beaucoup moins sensibles que les jeunes plants.

La cyanamide calcique fut longtemps employée; elle ~~est~~ constituait en même temps ~~un~~ amendement pour certaines terres mais son usage proprement nématicide n'est plus en vigueur actuellement tant par sa faible activité sur les parasites que par sa toxicité envers certaines plantes, les Citrus notamment.

Le bromure de méthyle, base de produits commerciaux tels le Dowfume G et l'Isobrome, est un excellent nématicide. Sa très grande volatilité, sa toxicité redoutable pour l'homme le font employer sous bache imperméable. Son emploi est donc réservé aux petites surfaces (planches de semis, pépinières, tas de terreau, etc...), mais son grand avantage est de tuer en même temps que les nématodes les insectes, les champignons et les graines restées dans le sol. On lui adjoint parfois des traces de chloropicrine ("Dowfume M C 2") qui préviennent des fuites possibles car le bromure de méthyle lui-même est inodore. Pour les petites surfaces ce produit a avantageusement remplacé les procédés de désinfection par la chaleur sèche ou humide qui nécessitaient un appareillage encombrant et coûteux.

Pour certaines cultures, cotonnier notamment, lors des traitements en plein champ, au lieu de désinfecter uniformément toute la surface, on se contente d'injecter une forte dose de nématicide dans la future ligne de plantation; la quantité totale de produit à l'hectare est diminuée d'environ moitié et l'efficacité reste sensiblement la même. Ce procédé ~~const~~ apporte une économie ~~de~~ de produit et de main d'oeuvre, mais nécessite un repérage soigneux des lignes traitées, la plantation n'ayant lieu que quelques semaines plus tard.

Les moyens indirects. Méthodes culturales:

Toutes les méthodes et façons culturales tendant à favoriser la croissance et la vigueur de la plante-hôte diminueront évidemment les manifestations extérieures des symptômes morbides dus aux nématodes; mais la plupart de ces façons, laburs, sarclages, apports d'engrais n'ont pas d'action directe sur la population des nématodes phytoparasites.

Cependant des apports d'engrais vert, des paillages peuvent suffisamment modifier les conditions du sol pour entraîner ainsi un accroissement de la population des nématodes saprophages et prédateurs aux dépens des nématodes phytoparasites. Ainsi de bons résultats ont-ils été enregistrés par des apports d'engrais vert dans la lutte contre les nématodes des poivriers en Indochine (Barat). Mais ces mesures, fort inconstantes dans leurs résultats, ressortissent plus aux palliatifs qu'aux remèdes.

L'exposition prolongée des terres au soleil provoque une baisse notable du nombre des nématodes, mais appauvrit suffisamment la terre, en dehors du danger d'érosion, pour que le bilan final puisse être négatif.

Le seul point vraiment important auquel devront s'attacher les agronomes dans la lutte contre les nématodes est celui des rotations de cultures. Les nématodes, même ceux dont la pathogénicité est prouvée, ne sont en effet dangereux pour la plante-hôte qu'à partir d'un certain taux dans le sol. On conçoit que si sur le même terrain se succèdent une série de plantes hôtes le taux de nématodes parasites dans le sol croîtra régulièrement jusqu'à atteindre un maximum et s'y maintiendra. Il n'est d'ailleurs pas nécessaire que toutes les plantes qui se succèdent sur un ~~même terrain~~ tel terrain présentent des symptômes morbides; certaines plantes peuvent héberger un nombre considérable de nématodes sans symptômes externes, alors que la plante qui suivra sera gravement atteinte; et ce sont généralement les plantes de couverture ou de jachère qui correspondent au premier cas. Si au contraire on fait alterner la plante cultivée, sensible, avec des plantes non hôtes le taux du nématode parasite considéré baissera dans le sol entre chaque campagne et pourra même être ramené à un taux non dangereux pour la plante cultivée. Ceci peut d'ailleurs être aidé par un vigoureux traitement nématicide les premières années, ramenant brutalement le taux de nématodes à un niveau très bas. Il existe même des plantes qui non seulement n'hébergent pas les nématodes mais les combattent de la façon suivante: les oeufs dans le sol éclosent sous l'effet des sécrétions radiculaires et les jeunes larves pénètrent dans la plante; elles s'y développent, mais les femelles restent stériles et la seconde génération est ainsi supprimée. Différentes espèces de Crotalaires jouent ce rôle envers les Meloidogyne (ex Heterodera marioni). L'utilisation de ces plantes est donc très précieuse.

En présence d'une infection à nématodes, la détermination précise de l'espèce parasite sera donc essentielle pour pouvoir rechercher ensuite dans la littérature quelles sont les plantes sensibles à éviter d'introduire dans les rotations et quelles sont les plantes résistantes à employer. Malheureusement les renseignements sont en général pauvres sur la plupart des nématodes des pays chauds. Aussi un de travaux auxquels nous nous sommes attaché à notre laboratoire d'Adiopodoumé-Abidjan est-il le test du plus grand nombre de plantes tropicales cultivées possible envers les espèces de nématodes phytoparasites les plus communément rencontrées.

Le problème des rotations se complique très souvent du fait qu'il n'y a pas une mais plusieurs espèces de nématodes en ~~jeu~~

jeu, et qu'il ~~jeux~~ est difficile de trouver des plantes, présentant les qualités agronomiques requises, et de plus faiblement sensibles ou résistantes aux différentes espèces de nématodes. C'est le cas par exemple de l'annanas qui, en Côte d'Ivoire, est attaqué par quatre espèces de nématodes concurremment.

En résumé, la lutte contre les nématodes devra porter sur trois points:

- l'emploi de nématocides si l'affection est très grave et si la rentabilité de la ~~culture~~ culture peut supporter le coût des traitements
- l'amélioration des conditions culturales visant, non à lutter directement contre le nématode, mais à donner une plus grande vigueur à la plante
- dans le cas de rotations de cultures, l'emploi exclusif entre les campagnes de la plante sensible, de plantes résistantes

De nombreux cas de réussite prouvent que par ces trois moyens, souvent conjugués, la plupart des affections à nématodes de plantes annuelles peuvent être efficacement et rentablement combattues.

..

Chapitre II

Techniques d'étude employées

La nécessité d'apporter avec nous, en avion, le matériel spécialisé nous a conduit à n'utiliser que les techniques les plus simples, ne nécessitant qu'un matériel réduit.

Pour le sol la technique dite " de Cobb " (1918) fut employée: passage de la terre, sous l'eau, dans des tamis successifs de module 10, 60 et 250. La plupart des nématodes restent sur le tamis de 250 avec de nombreuses particules de sol. Ces deux éléments sont ensuite séparés par décantations successives, puis les nématodes triés sous la loupe binoculaire, tués (par chauffage à 65 ° pendant 1 minute) et fixés au F A : 4. IO (formol : 20 cc. acide acétique : 20 cc. eau : 60 cc).

Pour les racines, lorsqu'il nous a été possible de rapporter les échantillons vivants au laboratoire d'Ambatobe, elles ont été passées au mixer qui déchiquète les racines sans tuer les nématodes. Le résidu est placé sous eau sur un tamis de 250. Les nématodes passent à travers les mailles pendant une nuit et sont recueillis le lendemain matin sous le tamis, puis tués et fixés comme plus haut. Dans les autres cas, les racines ont été découpées en petits fragments de quelques millimètres de long et placées

placées directement sur des tamis de 250. D'autre part des racines furent fixées " in toto " pour les examens ultérieurs. Des colorations de système radriculaire à la fuchsine acide furent également effectués pour localiser les nématodes.

La détermination des espèces parasites fut en général poussée jusqu'au genre lorsque nous avons pu disposer d'un microscope, au laboratoire d'Ambatobe. A Tuléar, où seule une loupe bino-culaire était à notre disposition, la détermination, même partielle n'a pas toujours pu avoir lieu, et ceci a présenté quelques incon-^{ve}venients comme nous le verrons plus loin.

Les déterminations définitives furent effectuées au laboratoire du Dr Seinhorst, à Wageningen.

^{ne} Les conditions de travail ~~de ce laboratoire dans un~~ ~~seulement~~ nous n'ont pas permis des analyses quantitatives de la faune nématologique lesquelles nécessitent un outillage particulier et un laboratoire conçu pour ce travail.

.
. .

Chapitre III

Les Nématodes associés aux plantes examinées

Ce qu'il ne faudra surtout pas perdre de vue dans ce chapitre c'est, ~~mais~~ qu'à l'exception du problème Meloidogyne sur pomme de terre et tabac qui semble bien caractérisé et à celle des nématodes du Cotonnier qui ont été étudiés de près, les prélèvements effectués sur les autres cultures ne constituent que des coups de sonde rapides, localisés. De l'absence de nématodes parasites dans les rares échantillons négatifs rencontrés, il ne faudra pas conclure à l'absence d'attaques sur les plantes en question, les nématodes n'infestant pas toujours homogènement ~~une~~ une culture. D'autre part de la présence ~~de telle ou telle~~ d'une ou ~~de~~ plusieurs espèces de nématodes parasites sur telle ou telle plante, il ne faudra pas toujours conclure à un danger plus ou moins grave à l'encontre de cette culture, parasitisme et pathogénicité étant deux concepts assez différents nous l'avons vu. Tout au plus dans certains cas, par référence à des recherches antérieures, avons-nous pu préciser le danger représenté par la présence de telle ou telle espèce sur telle ou telle plante, ou, au contraire, son innocuité probable. Mais ceci n'est pas absolu car des conditions différentes de climat, de variétés culturales, de modes de cultures, ~~de~~ de sol, etc... peuvent entraîner des modifications ~~de~~ la pathogénicité dans un sens ou dans un autre.

Lorsqu'un laboratoire de Nématologie aura été créé à Madagascar, il appartiendra au Nématologiste en fonction, de compléter par des prélèvements plus étendus, des tests de pathogénicité etc ... le travail de reconnaissance préliminaire que nous avons effectué.

- - -

On trouvera ci dessous, classées par ordre alphabétique du nom commun de la ~~par~~ plante, lorsqu'il existe, les résultats des différents prélèvements et examens réalisés.

Abutilon asiaticum Plusieurs pieds de cette plante prélevés en bordure des ~~par~~ champs cotonniers de Betanimena (Tuléar) étaient légèrement attaqués par Meloidogyne javanica et Pratylenchus zeae.

Acacia decurrens Will. Dans plusieurs champs de pomme de terre au voisinage d'Antsirabé, cette plante portait sur ces racines des galles dues à Meloidogyne javanica.

Ambérie (Phaseolus mungo) Au centre "Armor", non loin d'Antsirabé, cette plante est gravement atteinte par M. javanica.

Ananas (Ananas sativus Schult.) Il ne s'agit pas là à Madagascar d'une plante de grande culture. Deux séries de prélèvements ont été faits : l'un à Ambohidray sur des ananas âgés de plus d'un an et appartenant à la variété Victoria, l'autre à Ambodirana - Mangoro sur des ananas d'environ huit mois, de variété inconnue. Les résultats furent les suivants : à ~~Wambodirana~~ Ambohidray les ananas étaient attaqués par Pratylenchus brachyurus et Helicotylenchus cf. erythrinae; à Ambodirana - Mangoro par Pratylenchus brachyurus et Cricone-moides ferniae n. sp.

Pratylenchus brachyurus est connu aux Hawaï et en Côte d'Ivoire comme un parasite assez grave de l'ananas. En Côte d'Ivoire même, sur de grandes plantations, son action combinée à celle de ~~Helicotylenchus~~ Helicotylenchus erythrinae et d'un autre Cricone-moides, ainsi qu'à celle de Meloidogyne incognita var. acrita, fait baisser les rendements de 15 à 30 % dès la deuxième culture d'ananas sur le même terrain.

Il existe donc sur l'ananas à Madagascar un danger potentiel qu'il ne faudrait pas négliger si un jour des cultures étendues de cette plante étaient envisagées.

Arachide (Arachis hypogea L.) Des pieds d'arachide de la variété Valencia souffraient, dans les pépinières de l'agriculture à Antsirabé, d'une chlorose diffuse et d'attaques d'insectes. Des examens de racines et de sol il ressort qu'aucun nématode phytoparasite n'est présent. Toutefois la présence de Pratylenchus brachyurus, sur d'autres plantes, dans cette région, parasite auquel l'arachide est sensible, constitue un certain danger.

Aubergine (Solanum melongena L.) Des aubergines de la variété "Longue Violette" cultivée à Ambatobé (Tananarive) sont attaquées par Helicotylenchus cf. erythrinae et Meloidogyne javanica qui ~~cause~~ ^{provoque} sur les racines de petites galles. Ces deux espèces sont probablement la cause essentielle du wilt observé sur cette plante.

Bananier (Musa paradisiaca L.) Les deux seuls examens furent faits sur des pieds de banane à cuire, l'un à Marololo, l'autre à Nossy-Bé. Dans le premier cas les racines ^{ne} ~~présentaient~~ aucun symptôme particulier et seuls quelques Helicotylenchus cf. erythrinae furent rencontrés. Dans le deuxième cas, les racines présentaient des stries rougeâtres très allongées et des commencements de pourriture: Rotylenchus multincinctus et Criconemoides citri furent trouvés associés à ces lésions.

Notons que Rotylenchus multincinctus est un parasite grave des bananiers. En Côte d'Ivoire et en Guinée cette espèce représente souvent 80 à 95 % du peuplement nématologique des racines, l'action combinée des diverses espèces pouvant diminuer les rendements de 50%. De même que pour l'ananas, en cas d'extension des cultures de Bananier, il y aurait là un parasite grave dont il faudrait attentivement surveiller l'extension.

Brède Morelle (Solanum nigrum L.) A Tuléar, dans différents jardins potagers; cette plante présente de nombreuses galles radiculaires dues à Meloidogyne javanica.

Caféiers (Coffea robusta Linden et C. canephora Pierre var. "kouilou") A Ambanja ainsi qu'à Béambatry (Nossy-Bé) d'assez nombreux caféiers présentaient un aspect morbide : taille réduite et feuilles jaunâtres en sont les principaux symptômes. A Ambanja ~~(Coffea robusta)~~ ~~les prélèvements effectués furent négatifs~~, aucun nématode parasite ne fut trouvé en relation avec le dépérissement. Par contre à Béambatry (C. canephora var. "kouilou"), quelques individus de Pratylenchus coffeae furent récoltés dans les racines qui elles-mêmes présentaient des extrémités pourries et des départs de racines supplémentaires.

Pr. coffeae, rencontré aux Indes Néerlandaises et au Brésil, est considéré, notamment par Bally et Redon (1931) comme un parasite relativement important des Caféiers. Ici il est difficile de dire, au vu de quelques rapides prélèvements seulement, si ce parasite a une importance économique réelle; des études complémentaires seraient nécessaires à ce sujet.

Canne à Sucre (Saccharum officinarum L.) Une trentaine de prélèvements eurent lieu sur Canne à Sucre en différentes régions de Madagascar : Ambilobé (SOSUMAV), Nossy-Bé (SASNB) et Ambanja (C.C.C. - Besofo). La moitié des prélèvements furent effectués sur des cannes apparemment saines, l'autre sur les rares pieds présentant un aspect anormal : les pieds sont plus tuffus que normalement, les entre-noeuds raccourcis, la tige plus mince et plus cassante, les feuilles souvent plus étroites et parfois chlorosées.

Lecteur chaque ligne

Localité	Ambilobé		Nossy-Bé				Ambanja
Varité	NCO 310		B 37-I72		B 34-I04		B 34 I04
Aspect	S	P	S	P	S	P	S
<u>Pratylenchus zeae</u>	+			+			
<u>Pratylenchus scribneri</u>		+	+				+
<u>Helicotylenchus cf. erythrinae</u>	+		+		+	+	
<u>Rotylenchus brachyurus</u>		+		+		+	
<u>Rotylenchus sp.</u>						+	
<u>Chitinotylenchus annulatus</u>		+					
<u>Criconemoides citri</u>	+						

Le tableau ci-dessus donne le détail des espèces rencontrées sur le système racinaire des cannes; à la ligne 3 la lettre "S" signifie : aspect sain; la lettre "P" aspect pathologique. Sept espèces furent donc rencontrées parmi les quelles 5 sont signalées pour la première fois sur canne à sucre : Pratylenchus zeae, Pr. scribneri, Rotylenchus brachyurus, Rotylenchus sp. (très vraisemblablement une nouvelle espèce) et Criconemoides citri. Rotylenchus brachyurus mérite une mention particulière car c'est la seule espèce qui fut rencontrée dans tous les échantillons de racines provenant de pieds morbides et uniquement dans ceux-ci. Les individus de cette espèce étaient relativement nombreux à la fois dans les racines et dans le sol voisin. Etant donné le petit nombre d'échantillons prélevés, aucune conclusion ne peut être tirée, tout au plus cette liaison apparente entre la présence de Rotylenchus brachyurus dans les racines et les symptômes morbides sur les parties aériennes de la canne pourra-t-elle servir de base à des recherches ultérieures. Décrit en 1938 par Steiner sur Lycoris radiata Herb. R. brachyurus a été signalé, aux U.S.A. également, sur Saintpaulia ionantha Wendl. (Morgan Golden 1956), tabac, patate douce et Crotalaria striata. Enfin Seinhorst nous a dit avoir fréquemment rencontré cette espèce au cours d'analyses de sol en Australie. Cette espèce est donc assez répandue dans les régions chaudes mais si son parasitisme est prouvé, sur tabac notamment, l'action nocive sur les plantes hôtes ne semble pas avoir encore été chiffrée au point économique.

C'est d'ailleurs là la règle pour les espèces de nématodes parasites de la canne à sucre. Bien qu'une douzaine d'espèces ait été rencontrées associées aux racines de canne dans différentes parties du monde, la plupart des auteurs s'accordent pour affirmer que si les nématodes peuvent jouer un rôle favorisant la pourriture des racines, leur action propre n'est généralement pas grave. Et cependant, chose paradoxale, c'est sur canne à sucre que furent décrits deux des plus graves parasites d'autres plantes : Meloidogyne javanica par Treub en 1888 et Radopholus similis par Cobb en 1909; la première de ces deux espèces est très répandue à Madagascar, mais nous ne l'avons pas observée sur canne. Les autres espèces signalées sur canne sont : Pratylenchus sacchari décrit par Soltwedel en 1888, espèce qui ne fut jamais retrouvée depuis; Pratylenchus

lenchus (?) pratensis (De Man 1880) Filipjev 1936 et Hoplolaimus coronatus Cobb 1923 par Steiner en 1937 aux U.S.A.; Ditylenchus dipsaci (Kühn 1857) Filipjev 1936 par Steiner et Buhner (1932), Helicotylenchus erythrinae (Zimmermann 1904) M. Golden 1956 (sous le nom de Tylenchus spiralis n. sp.) et Chitinotylenchus annulatus (Cassidy 1930) Filipjev 1936 par Cassidy aux Hawaï en 1930; notons au sujet de cette dernière espèce que malgré des recherches effectuées aux Hawaï elle n'avait jamais été retrouvée depuis sa description et que sa présence à Madagascar, malheureusement en très petit nombre, va permettre une redescription utile.

On voit donc qu'il existe d'assez nombreuses espèces associées à la canne à sucre, mais aucune précision n'est donnée par les auteurs sur l'importance du parasitisme, les travaux effectués étant surtout d'ordre systématique.

Cependant récemment Birchfield (1953 et 1954) étudiant l'action parasitaire en Louisiane de Pratylenchus sp. et de Tylenchorynchus sp (probablement T. martini Fielding 1956 qui parasite lui aussi la canne en Louisiane) démontre que des deux espèces peuvent jouer un assez grave rôle parasitaire sur les racines qui, recouvertes de petites lésions rougeâtres, finissent par pourrir.

~~à redéfinir~~ La question des nématodes semble donc revenir à l'ordre du jour sur la canne à sucre.

Carotte (Daucus carota L.) A Ambatobe - Tananarive, Anketra ka (Tuléar) et Antsirabé, les carottes montrent des déformations des racines dues à Meloidogyne javanica.

Celeri (Apium dulce Mill.) A Ambatobé les racines de céleri sont attaquées par Helicotylenchus cf. erythrinae et Pratylenchus sp.

Cevabe (Solanum auriculatum Ait.) A Ambatoasana, en bordure de champs de tabac, et dans la région d'Antsirabé, en bordure de champs de pomme de terre, des pieds de Cevabe portaient de nombreux galles radiculaires dues à M. javanica.

Chicorée (Cichorium intybus L.) Tous les pieds de chicorée poussant dans les jardins d'Anketra ka (Tuléar) sont attaqués par M. Javanica.

Corchorus acutangulus Lamk. Cette plante adventice assez fréquemment rencontrée dans la région de Tuléar est atteinte par ~~M. Javanica~~ M. javanica et, plus légèrement, par Pratylenchus zeae.

Cosmos (C. caudatus H.B.K.) Au centre Armor, près d'Antsirabé cette plante est attaquée par M. javanica, assez gravement.

Cotonnier (Gossypium hirsutum L. var. Akala) Les cotonniers sont attaqués par plusieurs espèces de nématodes. Cette question sera traitée à part (chapitre 7, p. 34)

Crotalaria fulva A Marovitsiki, sur les grandes étendues où pousse cette Crotalaire, on remarquait des taches stériles entourées de pieds de taille réduite. Des examens de sol et de racines n'ont permis de découvrir aucun nématode phytoparasite. Une Dothidéale (Champignon Ascomycète) couvrant le feuillage est peut-être responsable de ces dégâts.

Epinard (Spinacia oleracea L.) A Anketra (Tulear), les épinards portent de nombreuses galles radiculaires dues à Meloidogyne javanica. Quelques individus de Pratylenchus sp. furent également extraits des racines.

Kapokier (Eriodendron anfractuosum D.C.) A la C.N.C.C.C. de Nossy-Bé dans une pépinière de kapokiers, certains plants présentaient un développement retardé avec un feuillage moins touffu que normalement et plus pâle. L'examen des racines révèle la présence de galles à M. javanica ainsi que des fasciations anormales, mais non dues à l'action de cette espèce; le responsable en est peut être Rotylenchus brachyurus dont de nombreux juvéniles et adultes sont présents dans le sol au voisinage des racines.

Lupin (Lupinus angustifolius L.) Les lupins cultivés au Centre Armor (près d'Antsirabé) sont gravement atteints par M. javanica.

Maïs (Zea mais L.) Trois séries de prélèvements furent faits sur cette plante : l'un à Ampany, les deux autres dans la région de Tulear : Ankilimalinika et ~~Ant~~ Betanimena.

Dans les deux premières séries aucun nématode parasite ne fut observé; mais à Betanimena une quantité très considérable d'individus appartenant à Pratylenchus zeae fut rencontrée tant dans les racines que dans le sol. Cette question étant liée à celle du parasitisme de Pr. zeae envers le cotonnier, de plus amples détails seront donnés dans le chapitre consacré spécialement à cette dernière plante.

Manioc (Manihot utilissima Pohl.) Deux séries de prélèvements eurent lieu sur ~~certains plants~~ des Maniocs de la variété Criolina : l'un à Ambodirana-Mangoro, l'autre à Marovitsiki. Dans les deux cas Pratylenchus brachyurus était présent et Criconemoides citri à Marovitsiki seulement.

Nous avons rencontré assez fréquemment la première espèce sur la manioc en Côte d'Ivoire, sans toutefois que le petit nombre d'individus présents puisse jamais laisser supposer un rôle pathogène important. Cela semble également le cas ici. ~~Tous les plus les blessures infligées~~

Pamplémoussier (Citrus decumana) A Beambatry (Nossy-Be) des pamplémoussières souffraient d'un dépérissement ressemblant fort à la gommose. L'examen du sol et des racines ne permit de relever que Aphelenchus avenae en tant qu'espèce de nématode parasite. Encore cette espèce est-elle généralement considérée comme à la limite du parasitisme car elle ~~ne~~ n'attaque que des cellules déjà lésées mais encore vivantes. C'est une espèce répandue dans le monde entier ~~relevée sur des dizaines de plantes, et qui semble~~
 (le monde entier)

relevée sur des dizaines de plantes, et qui semble, plutôt qu'un parasite, venir en tête du cortège secondaire visant sur les lésions radiculaire.

Persil (Petroselinum crispum (Mill.) Airy-Shaw) A Ankax
A Anketraka (Tulear) les pieds de persil portent de nombreuses galles radiculaires dues à Meloidogyne javanica.

Phyllanthus niruri L. Quelques pieds de cette plante sauvage furent à Betanimena (Tulear) rencontrés porteurs de galles à M. javanica.

Piment (Capsicum frutescens L.) A Ambohydray , plusieurs pieds de piment poussant dans un jardin potager souffraient de rachitisme accompagné d'une décoloration et d'une perte partielle du feuillage. Dans les racines furent trouvés de nombreux individus de Helicotylenchus cf. erythrinae et de Pratylenchus pratensis.

Poivrier (Piper nigrum L.) Trois séries de prélèvements furent effectués sur cette plante: deux à Nossy-Bé (plantation Genesi à Vorririky et à Beambatry) , la dernière à Ambanja (C.N.C.C.C). Dans la plantation Genesi aucun parasite ne fut relevé. A Beambatry les racines de poivrier examinées, ont révélé la présence de gonflements , de galles terminales creuses avec commencement de pourriture signes auxquels on peut reconnaître une ancienne attaque de Meloidogyne. A Ambanja furent extraits des racines un bon nombre d'individus appartenant à Rotylenchus sp. et à Pratylenchus cf. penetrans (la partie antérieure des individus trouvés est identique à celle de Pr. penetrans typique, mais la vulve est située plus en avant)

Malheureusement ces prélèvements, trop peu nombreux, furent faits dans de très mauvaises conditions, sous une pluie battante qui délavait les échantillons de sol; la saison d'autre part ne devait pas être favorable aux attaques de nématodes par suite de l'imprégnation du sol en eau. Le fait que des attaques anciennes de Meloidogyne aient été relevées sans que des galles récentes soient présentes confirme cette opinion. De nombreux prélèvements avant la saison des pluies seraient nécessaires pour se faire une opinion valable sur le danger que peuvent représenter les nématodes envers le poivrier.

Pomme de terre (Solanum tuberosum L.) Différentes variétés de pomme de terre sont attaquées dans la région d'Antsirabé et notamment au centre de multiplication Armor par Meloidogyne javanica et à un degré moindre par Pratylenchus brachyurus. Cette question sera traitée plus longuement plus loin (Chapitre 6, p. 26)

Riz (Oryza sativa L.) Les nématodes parasites rencontrés sur cette plante furent : Pratylenchus brachyurus, Helicotylenchus cf. erythrinae et Radopholus oryzae . Cette question également sera traitée plus longuement dans un autre chapitre (Chap. 5, p. 19).

Sarrasin (Fagopyrum tataricum Gaertn.) Le sarrasin cultivé au centre Armor est attaqué par Meloidogyne javanica.

Sebaria pallidifusca Stapf. & Halb : Différents pieds de cette plante poussant dans des champs de pomme de terre, dans la région d'Antsirabé, furent trouvés porteurs de galles à M. javanica.

Soja (Glycine soja Sieb. & Zucc.) Le soja cultivé tant au centre Armor que dans les pépinières du Service de l'Agriculture d'Antsirabé sont très gravement attaqués par M. javanica.

Sorgho (Sorghum vulgare Pers.) Des pieds de sorgho poussant à Betanimena (Tulear) au voisinage de maïs très infestés par Praetylechus zeae, contenaient, eux aussi, quelques individus de cette dernière espèce dans leurs racines, sans que cela présente un danger quelconque pour cette plante.

Tabac (Nicotiana tabacum L.) Meloidogyne javanica attaque cette plante. Cette question sera détaillée plus loin (Chapitre 6, p. 32)

Tomate (Lycopersicon esculentum Mill.) Les tomates, aussi bien à Ambatodé (Tananarivé) qu'à Anketraka (Tulear) portent de nombreuses galles radiculaires dues à M. Javanica.

Vanillier (Vanilla planifolia And.) Une série de prélèvements sur cette plante fut effectuée à Vorriky - (Nossy-Bé). Aucun nématode phytoparasite ne fut rencontré; mais de même que pour le poivrier, ces prélèvements eurent lieu dans de mauvaises conditions et furent très peu nombreux. Il serait intéressant de reprendre cette question, en opérant de plus nombreux prélèvements à une meilleure saison, dans le but de savoir si des nématodes phytoparasites ne sont pas en relation avec la fusariose à Fusarium batatis var. vanillae.

Ylang-ylang (Cananga odorata) Deux séries d'échantillons de sol furent prélevés : l'un à la S.P.P.M. à Tsimaramara (Nossy-Be), où aucun nématode phytoparasite ne fut rencontré; l'autre à Béambatry (Nossy-Bé), au voisinage de racines d'arbres atteints par une maladie du tronc supposée bactérienne: quelques rares Helicotylenchus cf. erythrinae furent observés.

Chapitre IV

--

Les Nématodes parasites du Riz à Madagascar

Le problème de l' " omo-mentek "

Trois ~~une~~ séries de ~~pré~~prélèvements furent effectuées sur le riz : à Mararana , à Ambanja et à Marovoay . Dans les deux premières localités , les échantillons de sol et de racines furent pris dans des taches où les pieds de riz présentaient une légère chlorose accompagnée d'une diminution de la taille que ne pouvaient ~~expliquer~~ ~~Pratylenchus brachyurus~~ ~~ni les attaques~~ ~~d'insectes~~ ~~ni le manque~~ ~~d'eau~~. Dans les deux cas Pratylenchus brachyurus fut rencontré dans les racines, ~~accompagné~~, chez les échantillons provenant de Mararana, ~~de~~ quelques individus de Helicotylenchus cf. erythrinae. Pr. brachyurus avait déjà été rencontré en Côte d'Ivoire sur riz, mais cultivé à sec, et l'adaptation de cette espèce à une culture en milieu aquatique est assez remarquable. Son incidence économique , si elle ne peut être chiffrée, semble toutefois faible.

autre que

Ces deux premières séries ~~de~~ de ~~pré~~prélèvement procédaient du type même de " prélèvements pour voir", effectués au hasard des ~~re~~contres de zones d'affaiblissement suspectes dans les rizières. La troisième série au contraire répondait à un objectif précis; l'attention de M. Barat avait en effet été attirée sur des introductions de riz américain de variété "Century Patna" dans la région de Marovoay en 1952; cette introduction , de l'ordre de plusieurs tonnes, sans mise en quarantaine préalable, risquait en même temps d'avoir amené des parasites, entre autre l'agent du "white tip", Aphelenchoides besseyi Christie 1942, un Nématode parfois connu aussi sous le nom de Aphelenchoides oryzae Yokoo 1948, qui cause de graves désordres au Japon et qui a été reconnu aux U.S.A. en 1944 par Cralley et Adair. La variété introduite : Century Patna, n'est plus actuellement cultivée dans la région de Marovoay, mais on pouvait craindre que les parasites éventuellement introduits ne ~~soient~~ adaptés aux variétés ~~actuellement~~ utilisées.

Lors de notre première ~~une~~ tournée dans l'Ouest de Madagascar , nous ne pûmes atteindre Marovoay, la route Majunga - Marovoay ayant été coupée par les inondations. Un bref voyage ~~de~~ ~~deux~~ ~~jours~~ les 8 et 9 Aril , nous a permis de ~~pré~~prélever des échantillons de sol, ou plutôt de boue très liquide, les rizières étant à cette époque recouvertes de près de 60 cm. d'eau et sans culture évidemment.

Dans les échantillons de sol récoltés aucun exemplaire de Aphelenchoides besseyi ne fut trouvé. Toute fois le petit nombre d'échantillons (sept), la submersion des rizières, l'absence de riz en place, font que les individus de cette espèce peuvent exister en très faible nombre seulement et avoir échappé ainsi à l'examen. Cette espèce est en effet beaucoup plus facile à observer dans les racines ou dans les grains de riz que dans le sol surtout si celui-ci est à l'état de boue liquide. Des échantillons de grain de riz de variété locale cultivée sur les zones où avaient été introduit le Century Patna ont été également observés ; aucun Aphelenchoides besseyi n'y fut rencontré. Il y a donc une forte présomption pour que cette espèce n'existe pas dans cette région de Madagascar.

Par contre dans tous les ^{échan}~~échan~~tilions de sol furent rencontrés des individus de Radopholus oryzae (Van Breda De Haan 1902) Thorne 1949. Cette dernière espèce est un parasite du riz très répandu en Indonésie ; elle existerait également au Japon où elle aurait été décrite sous le nom de Tylenchus apapillatus Imamura 1931, et aux U.S.A. où elle a été trouvée par Atkins et al. (1955) dans 4 échantillons de sol sur 39 provenant de rizières du Texas et dans 10 sur 37 provenant de Louisiane. Aux U.S.A. et au Japon cette espèce a été simplement signalée sans que son importance économique ne soit évaluée. Mais à Java où de nombreux travaux se sont succédés au sujet de l' "omo-mentek", maladie du riz à laquelle est lié ce nématode. Il nous faut donner maintenant un aperçu de ces travaux qui illustrera le fait que si, dans la plupart des cas, le parasitisme et pathogénicité des nématodes sont relativement aisés si longs à établir, il existe d'autres problèmes où le rôle pathogène exact joué par des nématodes à parasitisme démontré est difficile à mettre en évidence.

L'omo-mentek du riz ~~qui a été décrit~~ fut décrit pour la première fois à Java par De Vriese en 1859. Cette maladie qui porte quelquefois également le nom de "omo-bambang" est caractérisée par les symptômes suivants:

Au début est seul notable un retard de croissance par rapport aux plants sains; puis les sommets des feuilles commencent à se dessécher, progressivement, en débutant par les feuilles les plus âgées ; même sur les pieds les plus gravement atteints les jeunes feuilles restent vertes. Ces symptômes peuvent apparaître déjà en pépinière. Dans les ~~cas~~ champs après replantation, les feuilles continuent à se dessécher, prennent une couleur jaune rougeâtre devenant ensuite jaune-doré; cette discoloration s'étend vers la base de chaque feuille en longues bandes laissant entre elles de nombreux espaces verts et sans que la feuille ne s'enroule. En même temps on observe une considérable réduction du tallage, un retard notable de croissance pendant la période d'élongation de la tige. Cet ~~ensemble~~ ensemble de symptômes traduit en fait une atteinte du système racinaire; on observe en effet une réduction de la deuxième poussée des racines, concomittant à la poussée du chaume, et des pourritures racinaires plus ou moins prononcées. Finalement dans les cas graves il n'y a pas d'épi formé ou si celui-ci se forme ~~il ne porte~~ il ne porte que peu de grains.

En 1902, Van Breda De Haan découvre un nématode associé aux racines des riz souffrant de l'omo-mentek, espèce qu'il nomme Tylenchus oryzae et dans laquelle il voit la cause de la maladie. Plus tard cette hypothèse parasitaire est abandonnée et Van Der Elst (1929) notamment, quoique convaincu au début de ses travaux de l'origine radriculaire des désordres observés, s'oriente plutôt vers une cause physiologique : déficience pouvant être provoquée par un plus ou moins soudain manque de quelque élément nutritif dans le sol ou par l'impuissance des racines à absorber cet élément, ou enfin par une combinaison des deux causes. En 1935-1936, Kuilman reproduit des symptômes voisins de ceux de l'omo-mentek en faisant croître des plants de riz sur des solutions nutritives dépourvues de potassium. Kuilman reconnaît que parmi les les symptômes de l'omo-mentek, le plus caractéristique est le ralentissement observé lors de la troisième phase de croissance, se traduisant par un développement réduit des jeunes feuilles et surtout par la suppression de l'allongement de la tige. Kuilman et Van Der Elst pensent que les symptômes foliaires peuvent être causés par un manque de N ou de P mais Kuilman expérimentalement démontre que la suppression de l'allongement du chaume peut être causé par un manque de K. Les symptômes de pourriture radriculaire sont à cette époque considérés comme secondaires et le rôle de Radopholus oryzae minimisé.

En 1952 Van Der Vacht et Bergman reprennent expérimentalement le problème. Des séries d'infestation sont effectuées sur ~~xx~~ des riz cultivés sur sol stérilisé ~~sur~~ dans des bacs en ciment. ~~Les résultats sont les suivants.~~ Une série de six expériences effectuée sur des sols de différents types, ~~inoculés soit à l'aide de~~ stérilisés puis inoculés soit à l'aide de suspensions de Radopholus oryzae d'origines diverses et à des taux variables, soit directement par la présence de racines infectées, a apporté les résultats suivants : c'est seulement dans les cas d'infestation du sol par des racines contenant de nombreux exemplaires de R. oryzae que les dégâts furent nets : le tallage n'atteint que 31 % de celui des témoins et la récolte 56 %.

dans les autres expériences où l'infestation du sol avait lieu à l'aide de suspensions du nématode, on observe toujours des affaiblissements passagers et une réduction du tallage, mais la récolte n'est que peu ou pas affectée. Dans une expérience même la récolte est supérieure sur les pieds infectés. Ce dernier résultat s'explique si l'on songe que l'infestation des riz à Java est presque homogènement répandue et que cela a certainement conduit les indigènes à une sélection de variétés à tallage profus, la réduction du tallage étant un des effets les plus graves et les plus visibles de l'omo-mentek. Si ces variétés ne voient pas leur tallage réduit par R. oryzae, elles s'épuisent à produire des rejets et donnent finalement que peu de grains.

La différence dans les résultats entre les expériences où le sol est contaminé à l'aide de débris de racines contenant R. oryzae et celles où le sol est infesté par des suspensions de nématode peut provenir de deux causes :

ou bien le taux des suspensions (au plus 2.500 femelles ~~avec~~ par pied, en deux fois : avant plantation et dix jours après) est beaucoup trop faible pour déterminer une infestation massive seule capable d'entraîner des troubles durables, ce taux léthal

étant alors atteint dans le deuxième cas , les racines infestées pouvant contenir jusqu'à 1 000 individus au gramme.

ou bien il faut admettre que les racines ~~stériles~~ infestées placées dans le sol stérilisé contiennent en plus des nématodes un autre facteur déterminant les baisses de rendement enregistrées. Ce facteur est thermolabile puis que dans les témoins des racines infestées chauffées préalablement à 70° sont placées sans qu'aucun symptôme d'omo-mentek n'apparaisse.

Dans des expériences ultérieures (1953) Van Der Vecht déclare avoir reproduit les symptômes typiques de l'omo-mentek (notamment le retard prononcé de végétation pendant la période d'allongement de la tige), mais dans ce cas aussi sur du sol infesté à l'aide de racines contaminées.

Grace à l'ensemble de ces travaux , les différents points suivants ont été mis en évidence:

- si des pieds de riz contaminés par un bon nombre de Radopholus oryzae ont pu être observés sans qu'ils ne présentent de symptômes d'omo-mentek, on n'a jamais rencontré de pieds de riz atteints d'omo-mentek et non parasités par ce nématode.

- des infections par R. oryzae provoquent au moins des troubles passagers avec réduction du tallage, mais ces phénomènes ne se répercutent pas toujours sur la récolte.

- des contaminations expérimentales de sol stérilisé avec des racines contenant R. oryzae provoquent chez les pieds plantés sur ce sol, une réduction fort nette du tallage et de la récolte et reproduisent quelquefois les symptômes de l'omo-mentek.

- le riz n'est pas le seul hôte de Ra oryzae; Van der Vecht donne une liste de 25 plantes adventices de rizières infectées par cette espèce (cf. Appendice 1, p.).

105
104
- l'omo-mentek - mentek , quoique présent sur les différents types de sols de Java est plus important sur les sols alluviales que sur les sols volcaniques. Le riz serait très nettement moins sensible à cette maladie sur les sols latéritiques.

- dans certaines régions l'incidence de l'omo-mentek a pu être diminuée par des applications de potasse.

- sur certains types de sol un mauvais drainage favorise la maladie

développement du riz
- la manque de soleil pendant la première période de développement entrainant une moindre croissance du système racinaire, favorise également la maladie , de même que qu'un démarrage précoce de la saison des pluies.

peut
peut
Il résulte de cet ensemble de faits on peut tirer les conclusions suivantes:

L'action de R. oryzae (accompagnée peut-être par celle d'un autre facteur pathogène contenu dans les racines infestées restées dans le sol) conduit essentiellement à un affaiblissement des pieds de riz au moment du tallage, de l'élongation de la tige et de l'émission des racines du troisième stade. Cet affaiblissement peut n'être que passager mais il sera renforcé par toutes les conditions défavorables de la culture (mauvais drainage), du sol (sols lourds, asphyxiques) ou du climat (mauvaise luminosité, pluies précoces). On conçoit que l'analyse de ces différents facteurs et la détermination de la part prise par chacun d'eux dans la maladie soient délicates. Cependant il faut retenir que c'est l'infection par les nématodes qui donne son allure à l'affection, les symptômes étant fort nets et n'ayant jamais été retrouvés sur des pieds non infectés par R. oryzae; les autres facteurs interviennent en accélérant, et accentuant le processus.

Les mesures de lutte contre l'omo-mentek découlent naturellement des observations précédentes. On s'est attaché à sélectionner des variétés robustes, à tallage profus, donnant une bonne émission de racines et capables de surmonter rapidement des troubles passagers d'alimentation. La lutte directe contre Radopholus oryzae n'a pas été envisagée; difficile dans les cas de rizières elle est en outre d'un coût prohibitif pour cette culture. L'adjonction de potasse a parfois amené de bons résultats et la recherche d'une date de semis en relation avec les variations saisonnières de l'omo-mentek a donné de bons espoirs. Un assèchement prolongé des rizières envisagé pour lutter contre le nématode, ne donne aucun résultat, le nombre de ceux-ci dans les vieilles racines restées en place ne décroissant que de 50 % après 10 semaines de siccité du sol. De même différentes rotations de culture furent expérimentées: aucune différence significative ne fut observée entre elles vis à vis de l'omo-mentek; elles sont seulement plus ou moins favorables à la culture du riz selon qu'elles épuisent plus ou moins le sol. ~~En~~ Cependant une culture intercalaire est nettement préférable à la jachère pendant laquelle le terrain sera envahi de mauvaises herbes hôtes de R. oryzae, et après laquelle l'omo-mentek sera plus important.

On pourra peut-être juger que le développement de cette question de l'omo-mentek est trop important dans un rapport comme celui-ci. Cependant, outre le mérite de constituer une mise au point sur une question dont ~~la~~ la littérature est difficile à consulter, nous pensons qu'il n'est pas sans intérêt que d'ultérieurs travaux soient consacrés à Radopholus oryzae à Madagascar. En effet cette espèce n'est connue sûrement que de Java; il n'est pas entièrement prouvé que le Tylenchus apillatus trouvé par Imamura au Japon soit identique à R. oryzae; d'autre part Atkins et al. (1949) signalent bien cette dernière espèce aux U.S.A., mais depuis que nous avons décrit (Luc. 1957) Radopholus lavabri, un parasite du riz au Cameroun, assez différent de R. oryzae, nous avons reçu plusieurs lettres nous signalant qu'une espèce voisine sinon identique à cette dernière existe au Canada et aux U.S.A., notamment en Louisiane sur le riz. On se souvient que c'est dans cette dernière région que Atkins signale R. oryzae; s'agit-il donc bien de cette espèce ou de R. lavabri, ou encore des deux es -

pèces existent-elles ensemble dans cette région ? Ceci sera à déterminer à l'avenir. Mais de ce fait il reste qu'en dehors de Java, le seul endroit où R. oryzae a été trouvé avec certitude est la région de Marovoay. Dans l'étude de l'omo-mentek, comme nous l'avons relaté, il a été très difficile sinon impossible de faire la part entre l'action des nématodes et celle du milieu; aussi en étudiant le parasitisme de R. oryzae à Madagascar sur des variétés de riz différentes, des sols différents et sous de tout autre conditions climatiques, pourr~~ait~~-t-on peut être éclairer cette question de l'omo-mentek. Ceci en dehors de l'intérêt immédiat qu'il y a à ~~connaitre~~ savoir si R. oryzae est très répandu à Madagascar ~~et~~ et quel danger il fait courir à une des plus importantes cultures vivrières de ce pays.

..

Chapitre ~~VI~~ ^{XV}

--

Le problème Meloidogyne.

--

III 9
Au cours du chapitre 4, le nématode le plus souvent cité est Meloidogyne javanica. Aussi cette espèce méritet-elle qu'on lui accorde un développement assez étendu.

Meloidogyne javanica (Treub 1885) Chitwood 1947 est l'une des onze espèces ou variétés que comprend actuellement le genre Meloidogyne Goeldi 1887 et ~~autres genres~~ qui formaient naguère l'unique espèce Heterodera marioni (Cornu 1879) Goodey 1932 (= H. radiculicola Müller 1884). Cette espèce fut séparée des Heterodera vrais par Chitwood en 1949 (est) élevée au rang de genre pour des raisons morphologiques mais surtout biologiques. En ~~effet~~ effet les Heterodera vrais, dont les plus connus sont le "nématode doré" de la pomme de terre (H. rostochiensis Wollenweber 1923) et celui de la betterave (H. schachtii Schmidt 1871) sont des espèces "kystogènes" et "non-galligènes" alors que les Meloidogyne sont "non-kystogènes" et "galligènes". Expliquons-nous : chez les Heterodera aussi bien que chez les Meloidogyne, les femelles à leur pleine maturité présentent un aspect globuleux ou pyriforme au lieu de la forme allongée habituelle chez les nématodes; chez Heterodera, les oeufs ne sortent pas du corps de la femelle mais remplissent petit à petit celui-ci; la cuticule subit alors un véritable tannage, devient dure, bronzée, résistante et forme une sorte de sac qui protège les oeufs contenus; à ce moment la femelle est morte et transformée en "kyste". Ces kystes se détachent des racines et sont libérés dans le sol. Chez Meloidogyne au contraire les oeufs sont émis à l'extérieur du corps, accompagnés d'une gelée qui peut devenir légèrement brune, mais ne constitue pas un kyste. Les femelles de

Meloidogyne sont logées à l'intérieur du tissu radiculaire, la tête dirigée vers le ~~centre~~ cylindre central; elles induisent la formation de cellules géantes qui gonflent, se multiplient et donnent sur les racines des gâles rendues ~~à~~ parfois énormes par le nombre de femelles contenues; les oeufs étant fréquemment pondus dans le tissu radiculaire, plusieurs générations de nématodes peuvent être présentes dans la même galle. Au contraire les femelles des Heterodera saillent en général à la surface des racines par leur partie postérieure et n'induisent jamais la formation de gâles. Les Heterodera sont d'ailleurs essentiellement des espèces de pays tempérés alors que les Meloidogyne exercent surtout leurs ravages dans les pays chauds. Enfin les espèces d'Heterodera ont chacune un éventail d'hôtes réduit alors que la même espèce de Meloidogyne peut attaquer des dizaines voire des centaines d'espèces végétales appartenant à tous les ordres.

Les espèces et variétés du genre Meloidogyne se séparent les unes des autres par des critères morphologiques difficiles à mettre en évidence et d'une variabilité assez grande, mais également par des éventails d'hôtes différents. Aussi la détermination exacte de l'espèce rencontrée est-elle primordiale pour pouvoir préciser des rotations de cultures adéquates. Ce fut seulement lorsqu'on sut identifier les différentes espèces de Meloidogyne que l'on put expliquer les échecs en certains endroits des mêmes rotations de culture qui donnaient ailleurs d'excellents résultats: dans les deux endroits ce n'était pas la même espèce de Meloidogyne qui était présente.

Les Meloidogyne sont sans doute les espèces parasitaires les plus communes: en 1953 leur présence avait été relevée sur 1865 plantes. Elles sont également parmi les plus dangereuses: Steiner estime ~~que~~ qu'elles prélèvent aux U.S.A. sur l'ensemble des cultures une véritable dîme au sens étymologique du terme (10%). Les Meloidogyne sont les nématodes phytoparasites dont il est le plus facile de repérer la présence (c'est là aussi une des raisons pour lesquelles leur parasitisme est reconnu, si étendu): il suffit d'arracher les plants suspects et d'observer les gonflements de racine atteignant parfois 5 à 6 cm. de diamètre; en cas d'attaque récente ou légère ou suivant les réactions propres à la plante-hôte on aura intérêt à laver le système radiculaire et à examiner les jeunes racines: c'est là que de petits renflements révéleront la présence de Meloidogyne.

À Madagascar la première mention faite de Meloidogyne semble être celle de François (1927) qui signale le parasite (sous le nom de Heterodera marioni) sur pomme de terre dans la région de Betafo. Dans l'important ouvrage de Bouriquet (1946), Meloidogyne est signalé sur aubergine, dahlia, pois du cap (Phaseolus lunatus), pomme de terre, patchouli (Pogostemon heyneanum), pêcher et oseille. Un article ultérieur de Bouriquet (1954), faisant état de déterminations effectuées par Reynolds aux U.S.A., précise que c'est l'espèce M. javanica qui attaque pêcher, dahlia, pomme de terre, tomate et tabac, et que M. incognita var. acrita Chitwood 1949 est également rencontrée sur tomate. Bien que cette dernière espèce nous soit familière car ~~elle~~ elle est très répandue dans tout l'
~~ensat~~

l'ouest africain, nous ne l'avons pas retrouvée au cours de notre mission; il semble donc que M. javanica doive être considérée comme l'espèce prépondérante à Madagascar.

Nous avons rencontré cette espèce en trois principales occasions : les jardins potagers, les champs de pomme de terre de la région d'Antsirabé, enfin les champs et pépinières de tabac ~~aux~~ du lac Itashy. Ces trois cas seront étudiés séparément.

I/ JARDINS POTAGERS :

Les jardins potagers examinés étaient situés autour de Tananarive et de Tuléar; presque toutes les plantes rencontrées y étaient atteintes par M. javanica : tomate, aubergine, carotte, persil, épinard, brède morelle, chicorée ~~et autres~~. Les piments sont indemnes, car cette plante est en effet résistante à M. javanica.

Dans la plupart des cas les dégâts n'apparaissent pas extérieurement; seules les racines par la présence de nombreuses galles révèlent le parasite. Cependant à Nanissana (Tananarive), les aubergines souffraient d'un wilt qui pourrait fort bien ne pas avoir d'autre cause que cette attaque de M. javanica conjuguée ici avec Helicotylenchus cf. erythrinae. Néanmoins l'affaiblissement du système racinaire causé sur les autres plantes par ce nématode réduit certainement les récoltes.

Pour le moment ces jardins potagers étant petits, leur culture familiale, les attaques de Meloidogyne sont de peu d'importance économique. Mais il faudrait y porter attention si l'on étendait la culture de telle ou telle des plantes citées plus haut. De graves déboires ont eu lieu ainsi en Afrique du Nord et dans le midi de la France au moment où l'on est passé de la culture familiale de la tomate à la culture étendue, industrielle en vue de la conserverie. La même chose est arrivée aux USA, avec le céleri notamment.

Si toutefois l'on voulait dans des jardins bien tenus combattre ce parasite, il faudrait effectuer des traitements préventifs au pulvérisateur, à 20 cm. de profondeur, à raison de 10 trous au m², avec une dose de 300-400 l/ha. de Shell-D D, par exemple. Une expérience dans ce sens à Ambatobé serait intéressante et pourrait servir de test de rentabilité d'une telle opération.

2/ ~~XXX~~ MELOIDOGYNE JAVANICA SUR POMME DE TERRE:

C'est sur cette plante, nous l'avons vu, que M. javanica fut pour la première fois signalé à Madagascar. Ce n'est d'ailleurs pas un problème neuf, ~~xxx~~ dans le Sud des U.S.A. et surtout en Afrique du Sud (cf. Van der Linde 1958) les Meloidogyne constituent un grave fléau de cette culture. Sur les tubercules les attaques de M. javanica produisent des renflements, des verrues qui peuvent se craqueler et rappeler quelque peu l'aspect des lésions dues à Spongospora subterranea (Wallr.) Johnson, agent de la galle poudreuse. Mais si l'on coupe les tubercules, on aperçoit, sous l'écorce des zones vitrifiées, paraissant légèrement verdâtres en

comparaison des tissus sains; ces zones représentent les cellules géantes induites par les femelles et les cellules périphériques dont le contenu amylicé est en voie d'hydrolyse; au centre de ces zones se remarque une petite tache plus ou moins régulière, blanchâtre à aspect brillant de porcelaine: c'est la femelle de M. javanica; à un stade ultérieur des taches brunes apparaissent dans les zones vitrifiées: il s'agit alors de la gelée, sécrétée par les femelles en même temps que les oeufs, gelée commençant à durcir en brunissant.

Les pommes de terre sont non seulement d'un aspect anormal, ce qui nuit à leur vente, mais également d'un mauvais goût, par suite de l'hydrolyse d'une partie de l'amidon. De plus le parasite présent sur les racines qui portent de nombreuses galles, réduit certainement la production.

Les dégâts les plus spectaculaires que nous ayons vus sur cette plante sont ceux que l'on peut observer au " Centre de Multiplication Armor" (ou C.M.A.) . Ce centre dépendant des services de l'Agriculture, situé au voisinage d'Antsirabé, est un organisme qui reçoit de ~~des~~ semences ~~des~~ pommes de terre, d'Europe et les sélectionne ensuite pour les multiplier et les livrer aux producteurs indigènes. Dans ce centre les pertes dues à M. Javanica doivent certainement atteindre 10 à 20 % de la production; toutes les variétés dont nous avons examiné les tubercules dans les hangars de stockage sont atteintes, dans des proportions et avec des symptômes variables. Les variétés les plus sensibles semblent "Kerpondry" et "Rosa". D'après M. Herelle, directeur du C.M.A., la variété " Institut de Beauvais" a pratiquement disparu quelques années après son introduction par suite des attaques de M. javanica; par contre une variété localement dénommée " C.M.A." semble plus résistante, ceci probablement lié à l'épaisseur de l'écorce des tubercules.

M. javanica représente donc au C.M.A. un double danger. Cette espèce en effet diminue les rendements en semences sélectionnées et surtout la distribution de tubercules aux planteurs risque d'étendre les ravages causés par ce parasite, un tri, même minutieux, laissant toujours passer des tubercules atteints.

Pour l'instant les champs de pomme de terre indigènes ne semblent pas connaître d'attaques aussi graves. Mais M. javanica est cependant présent dans tous ceux examinés; bien que certains ne fussent pas cultivés en pomme de terre au moment de notre passage on retrouve en effet cette espèce sur différentes plantes sauvages poussant en jachère: Acacia decurrens Will., Solanum auriculatum Ait. et Sebaria pallidifusca Stapf. & Hall. notamment.

Comment expliquer que les dégâts soient si importants au C.M.A. alors que les conditions de culture, les soins qui entourent celle-ci y sont si nettement supérieurs à ceux de la culture indigène? Il s'agit là précisément de l'illustration des déboires que peut amener l'alternance sur un même terrain de plantes toutes sensibles au même nématode. Nous verrons d'ailleurs plus loin que cela était difficile à éviter. En effet, au Centre Armor, à une culture de pomme de terre succède une légumineuse puis une plante fourragère; or toutes les plantes utilisées sont des plantes sensibles à M. javanica: lupin, sarrasin, Cosmos, ambérique, soja portant tous des galles parfois énormes, le sarrasin de la variété "gris argent" semblant toutefois moins sensible que la variété commune. Il se succède ainsi continuellement sur le même terrain des plantes.

hôtes de M. javanica, aussi la pullulation de cette espèce dans le sol atteint un taux si élevé qu'en certains endroits des champs plus rien ne pousse, les pieds semés crevant après quelques semaines sous des attaques massives; à ces endroits le sol reste presque nu, les champs présentant ainsi un aspect lépreux, avec des taches stériles entourées d'une végétation réduite, chlorotique, pauvre.

Nous sommes là en présence d'une situation dont il serait coupable de cèler la gravité et il faudra agir fermement et rapidement si l'on ne veut pas que le centre de multiplication Armor propage un fléau de la pomme de terre en même temps que celle-ci.

Quelles mesures devront être prises ? Elles seront de plusieurs ordres :

- Des mesures à éviter la livraison à l'extérieur de tubercules ~~des~~ ^{destinés} malades

Il faudra procéder à un tri plus sévère des tubercules avant livraison aux exploitants indigènes. En effet, bien qu'un contrôle très rigoureux soit déjà effectué, nous avons pu prélever dans des lots destinés à l'extérieur des tubercules ne présentant que de très petites bosses superficielles, passant facilement inaperçues. Mais ces bosses révèlent, à la coupe, la présence de jeunes femelles de Meloidogyne. Un lot de ces tubercules examiné une quinzaine de jours plus tard montre des femelles entièrement développées, commençant à pondre leurs oeufs.

Il faudrait donc prévoir deux contrôles : l'un au moment du stockage, l'autre à la livraison à l'extérieur, les critères pour ce contrôle ne sauraient être trop rigoureux; mieux vaut rejeter quelques tubercules sains que répandre des tubercules attaqués. Le mieux serait d'affecter un ou deux ouvriers uniquement à ce travail, ils acquerraient vite le coup d'oeil nécessaire.

D'autre part les tubercules atteints doivent être détruits et non simplement jetés dans la nature où ils risquent de créer des foyers d'infection. A défaut de pouvoir les brûler le mieux serait de les verser dans une fosse où ils subiraient un début de fermentation détruisant sans doute une partie des nématodes, puis les arroser d'un désinfectant énergique (crésyl par exemple) ou de chaux vive.

Ces mesures peuvent immédiatement être mises en route.

Afin de renforcer la sécurité des tubercules livrés il faudrait pouvoir, après le premier tri, procéder à leur désinfection. A ce sujet M. Hérellé nous a fait part d'une importante observation : ayant recouvert un lot de tubercules d'une ~~importante~~ poudre insecticide à base de HCH et l'ayant laissé ainsi plus d'un mois, il a ^{semé} suivi ces tubercules et n'a observé par la suite aucune lésion due à Meloidogyne sur les tubercules de la génération suivante. Il est connu en effet que la plupart des insecticides sont également nématicides in vitro; s'ils ne sont pas employés dans le sol c'est que leur diffusion y est mauvaise, par contre ils sont employés contre les nématodes des feuilles (parathion contre Aphelenchoides ritzema-bosi des feuilles de chrysanthèmes). Il faudrait reprendre ceci avec le HCH et également d'autres insecticides, les

seuls nématicides actuellement commercialisés étant phytotoxiques et ne pouvant de ce fait être mis au contact des tubercules. Il faudrait donc traiter chaque fois un lot d'une vingtaine de tubercules moyennement atteints avec chacun des produits disponibles, par poudrage ou aspersion suivant de cas, puis après le temps normal de stockage, le semer dans des caisses séparées; les caisses devr^{aient}~~ent~~ en principe contenir du sol stérilisé, mais cette stérilisation étant difficile sans matériel spécial, il faudra ~~se~~ se contenter d'un sol présumé non porteur de Meloidogyne à prélever dans un endroit n'ayant jamais été cultivé; dans ce cas il sera bon de tester à l'avance plusieurs lots de sol prélevés dans des endroits différents; dans ce but un lot témoin de sol sera ensemencé avec des tomates, plante extrêmement sensible à toutes les espèces de Meloidogyne : si les pieds de tomate arrachés après un mois et demi ou deux mois ne présentent sur les racines aucune galle, ce sol peut être déclaré pratiquement sain; il faudra prendre la précaution avant l'arrachage des pieds de tomate, de bien humidifier le sol et de s'aider d'un jet d'eau au moment même de cet arrachage, les ~~galls~~ galles se trouvant souvent, lorsque la plante est jeune, sur les fines radicules. Cette expérience également peut débuter sans délais. L'action ~~des produits~~ des produits employés sur la vigueur ~~est~~ et la reprise des tubercules devra être également étudiée.

Plus tard si cette expérience ne donne pas les résultats escomptés, on pourra envisager de traiter les tubercules à l'eau chaude, comme cela est couramment pratiqué en Hollande dans la lutte contre les nématodes des oignons de tulipe et de jacinthe. Mais pour ces expériences il faut un matériel très spécial, notamment un thermostat extrêmement précis, la température létale pour le nématode étant en général inférieure que de quelques degrés ou même fractions de degrés à celle des tubercules. Van Der Linde (1956) fait état de bons résultats obtenus en maintenant des tubercules aux environs de 0 ° pendant 6 mois; mais outre le coût des installations nécessaires, l'obligation de planter immédiatement les tubercules qui se décomposent rapidement en revant à la température extérieure rend ce moyen de désinfection peu pratique.

Les mesures précédentes sont uniquement destinées à empêcher la propagation du nématode et une lutte directe contre celui-ci au C.M.A. même devrait les rendre transitoires ou moins rigoureuses dans l'avenir.

- Mesures destinées à lutter contre le nématode:

Traitement du sol: il faudra envisager dès maintenant de monter un essai de traitement du sol. Pour cela on pourra procéder ainsi: délimiter dans une zone visiblement très atteinte par Meloidogyne un carré de 40 x 40 m.; diviser ce carré en 4 carrés de 20 x 20, 2 de ces carrés, situés sur une même diagonale, serviront de témoins, les deux autres seraient traités de la manière suivante: après que le sol ait été bien travaillé à la charrue et à la herse, injecter du Shell-D D au pal injecteur à raison de 4 cc. par trou, à 20 cm. de profondeur, et de 16 trous au m², ce qui correspond à une dose de 640 litres par hectare; il faut que la répartition du nématicide soit bien homogène; pour cela tracer sur

le terrain à l'aide d'une sorte de grand rateau fabriqué sur place des lignes distantes de 25 cm. ; faire deux passages à angle droit pour délimiter des carrés de 25 sur 25 cm.; traiter ensuite avec le pal en injectant en quinconce : sur une ligne enfoncer le pal à l'angle des carrés, sur la suivante au milieu des côtés et ainsi de suite. Après chaque injection boucher le trou d'un coup de talon. Vérifier très fréquemment que le pal n'est pas bouché et qu'il débite bien à 4 cc. par coup (un très bon instrument est le pal " Mapic "). Si l'on ne traite pas toute la surface en une seule fois, vider le réservoir et rincer tout le pal au gas-oil, le D D attaquant à la longue certaines pièces. Choisir pour traiter un moment où le sol n'est que légèrement humide: trop sec le produit s'évaporerait ~~trop~~ rapidement, trop humide il aurait des difficultés à diffuser; traiter de préférence le matin de bonne heure et par un temps couvert; toutes ces précautions ayant pour but d'éviter une évaporation trop rapide du nématicide; de même un roulage du terrain après traitement serait utile.

Il faudra choisir pour l'emplacement de cet essai une zone très visiblement atteinte par Meloidogyne et située sur un endroit plan; il sera bon de border chaque carré par une butte et un fossé, peu profond, destinés à empêcher le ruissellement des eaux d'un carré témoin vers un carré traité ce qui pourrait causer des infestations secondaires nuisant à l'interprétation de l'expérience.

Ne replanter , en pomme de terre , que deux semaines après le traitement.

La dose de 640 litres de D D par hectare est une dose très forte; mais d'après les enseignements tirés de récents travaux hollandais sur ce sujet , il semble préférable de traiter tous les deux ou trois ans un même terrain avec une très forte dose ~~que~~ *plutôt que* ~~déterminer~~ tous les ans avec une dose plus faible. Sur la plupart des nemato des l'effet est sensiblement le même et outre une économie finale de produit, l'économie de main d'oeuvre n'est pas négligeable.

Van Der Linde (1957⁶) cite bien dans son travail relatif aux Meloidogyne de l'Afrique du Sud le peu de résultats obtenus (80 % seulement de tubercules indemnes) avec divers fumigants, qu'il ne cite d'ailleurs pas. Mais dans le succès des fumigants le facteur nature du sol a une telle importance que de tels résultats sont difficilement extrapolables à une autre région et qu'une nouvelle expérimentation lors de terrains différents est nécessaire.

Si cet essai donne de bons résultats, ceux-ci doivent se voir dès les premières semaines de végétation, mais le poids de tubercules récoltés dans chaque carré sera le test définitif. Il faudra alors envisager de traiter l'ensemble des terrains du C.M.A. ~~certains terrains~~; il semble peu probable, ~~quo~~ même si le premier essai est très concluant, ~~que~~ ces traitements soient financièrement rentables; mais dans le cas particulier d'un centre de multiplication cette question doit être considérée comme secondaire, l'essentiel étant de pouvoir livrer le maximum de tubercules avec le minimum de risque de transmission d'un grave fléau.

Pour ce traitement en champ, ce pal ne sera pas utilisé, mais une charrue légère, type Fondrier (Hussein-Bey près Alger), comportant 3 socs dont chacun est muni à l'arrière d'un dispositif d'écoulement pour le nématicide; des pompes couplées à une roue assurent une injection régulière du produit dans le sillon qu'un madrier trainé à l'arrière referme ensuite.

Lorsqu'il sera décidé de traiter ainsi en champ, il sera bon de monter un essai plus complexe ou une série d'essais, comportant plusieurs produits (DD, EDB, Nemaçon), plusieurs doses et un essai comparant un traitement homogène du champ et un traitement sur la rangée. Cela pourra être un des premiers travaux à effectuer par le nématologiste que nous espérons voir affecter à Madagascar.

- Rotation de culture.

Que les traitements en champ soient adoptés ou non, il serait absolument indispensable de changer les plantes qui entrent actuellement en rotation avec la pomme de terre, toutes, nous l'avons vu, étant sensibles au Meloidogyne et contribuant ainsi au relèvement du taux de ce parasite dans le sol. "Serait indispensable" avons-nous écrit, car nous nous heurtons ici, comme dans la plupart des affections à nématodes, au petit nombre connu de plantes résistantes; au regard de 109 espèces sensibles à M. javanica (cf. Annexe I) 21 espèces résistantes sont seulement relevées dans la littérature et sur celles-ci, quelques-unes seulement peuvent être retenues :

Crotalaria spectabilis Roth.
Crotalaria incana L.
Crotalaria nubia Benth.
Crotalaria longirostrata Hook et Arn.
Crotalaria mucronata Desv.
Arachis hypogea L.
Panicum maximum Jacq.
Eragrostis curvula (Schrad.) Nees. , souche Ermelo

La plupart des Crotalaires sont d'excellentes plantes de rotation au point de vue des Meloidogyne; ~~elles~~ non seulement elles ne souffrent pas du parasite mais elles les combattent même de la façon suivante : les larves de Meloidogyne pénètrent dans les racines, s'y développent ~~ami~~ mais les femelles restent stériles et n'assurent pas une deuxième génération; il s'agit là de "plantes pièges" contribuant effectivement à une diminution du taux des Meloidogyne dans le sol. Il faudrait savoir si parmi les espèces de Crotalaires citées, certaines peuvent s'adapter à la région d'Antsirabé et si l'espèce commune à Madagascar, Crotalaria fulva, possède elle aussi cette remarquable propriété anti-Meloidogyne.

L'arachide, sans être une plante-piège, n'est pas sensible à cette espèce de Meloidogyne. Mais sa culture appauvrit le sol et ce végétal ne semble pas particulièrement bien adapté à la région d'Antsirabé, tout au moins la variété Valencia que nous avons pu observer dans les pépinières de la station d'agriculture. De plus l'arachide est assez sensible à Pratylenchus brachyurus nématode très répandu à Madagascar ~~et~~, attaquant ~~également~~ la pomme

de terre, et que nous avons effectivement retrouvé sur certains tubercules provenant ~~des~~ du C.M.A. Sans que le danger représenté par ce parasite soit aussi grand que celui dû au Meloidogyne il ne conviendrait pas de favoriser ainsi sa multiplication.

En Afrique du Sud, Vantz Der Linde (1956) recommande de faire alterner la pomme de terre avec Eragrostis curvula, (souche Ermelo) ou Crotalaria spectabilis ; pour la première espèce il ne faut utiliser que la souche Ermelo, provenant d'Afrique du Sud, certaines autres souches étant sensibles à M. javanica.

On voit donc que le matériel végétal n'est pas assez abondant pour préconiser dès maintenant des rotations correctes au point de vue des nématodes. Il faudrait donc au plus tôt commencer à tester le plus grand nombre possible de plantes vis à vis de M. javanica. Nous avons d'ailleurs lors de notre séjour à Madagascar envoyé à notre laboratoire d'Adiopodoumé-Abidjan (Côte d'Ivoire) du sol infesté par M. javanica, ~~De~~ Ce sol nous servira à tester à partir de Mai 1958 les différentes plantes de couverture et autres plantes cultivées de la collection de la station et nous pensons en une année être à même de donner quelques noms de plantes immunes supplémentaires. Ce travail pourrait d'ailleurs être fort bien complété au C.M.A. même en créant une sorte de petit jardin botanique dans une zone visiblement très infestée par M. javanica. Dans ce jardin seraient semés des graines de plantes locales à tester; les plantes peuvent être arrachées deux mois après la germination: il faut les prélever avec précaution de façon à ne pas léser le système racinaire et examiner ce dernier avec soin pour reconnaître la présence des galles de M. javanica; dans le cas de Légumineuses on aura garde de ne pas confondre celes-ci avec les bactériocécidies propres à cet ordre. Une importante collection de plantes de couverture existant à Adiopodoumé, des envois d'échantillons de graines pourraient être envisagés .

Le faible nombre de plantes satisfaisantes pour une rotation correcte nous engage d'ailleurs à recommander d'autant plus vivement la ~~mise~~ mise en place des essais de traitements nématocides, qui restent, pour l'immédiat, le seul moyen de lutte efficace, en couplant ce traitement avec les précautions sanitaires, citées plus haut, ~~à prendre~~ lors du stockage et de la livraison des tubercules à l'extérieur.

3/ MELOIDOGYNE JAVANICA SUR TABAC

Notre attention sur des attaques de Meloidogyne envers le tabac avait été attiré par M. Brenière qui nous a montré des échantillons conservés sur lesquels des galles racinaires extrêmement nombreuses, serrées, atteignant parfois 4 cm. de diamètre, déformant complètement le système souterrain.

Une tournée fut donc envisagée autour du lac Itashy une des principales zones de culture du tabac, ^{Bien qu'à} ~~bien qu'à~~ cette époque (18-19 Février) le tabac ne fut pas encore en culture en ~~plein champ~~ ^{plein champ}.

Les examens des vieux plants de tabac restés en bordure des champs depuis la dernière campagne et des plants sauvages sensibles à Meloidogyne (notamment Solanum auriculatum) repoussant sur ces champs ont permis de reconnaître la présence de Meloidogyne javanica dans 13 champs différents. Dans les 18 autres champs rencontrés où n'existaient ni vieux pieds de tabac ni plantes sensibles, du sol fut prélevé et ramené au laboratoire de Tananarive-Ambatobé; sur ce sol des graines de tomates, plante extrêmement sensible à toutes les espèces de Meloidogyne furent semées le 20 Février. Le 5 Avril les plants furent arrachés, sur 18 échantillons 15 portaient des galles radiculaires caractéristiques dues à Meloidogyne javanica.

On peut donc affirmer que dans la région du lac Itashy et surtout dans le district d'Ampefy qui fut notre principal centre d'activité, les champs cultivés en tabac sont pratiquement tous infestés par Meloidogyne javanica.

Dans deux pépinières seulement sur les six examinées, les jeunes plants présentaient des galles radiculaires. Les pépinières sont d'ailleurs souvent établies sur sol neuf, ~~et les plants~~ ~~étaient très jeunes~~ ce qui évite l'infestation et d'autre part les plants étaient très jeunes ce qui permet plus difficilement de reconnaître la présence de M. javanica.

Dans l'impossibilité où nous avons été d'observer les tabacs en champs il nous est difficile de dire si ces infestations à M. javanica doivent être considérées comme graves. Cependant d'après M. Brenière il existerait là un danger sérieux. Cela n'est pas étonnant si l'on se rappelle que les différents Meloidogyne sont un des obstacles majeurs à la culture du tabac en Afrique du Sud.

De nouvelles observations seraient donc nécessaires, à une saison plus favorable, et le cas échéant des essais de traitement nématicides devraient être envisagés. La culture du tabac profitera d'ailleurs des travaux qui seront faits sur la pomme de terre au sujet de leur parasite commun.

Chapitre 6

Nématodes et affections du Cotonnier dans le Sud
de Madagascar

La culture du cotonnier est récente à Madagascar. Elle constitue un espoir sérieux pour mettre en valeur les régions du Sud-Ouest de la grande île jusque là assez pauvres. Aussi des essais furent-ils tentés dans différents endroits : Tuléar, Bas-Mangoko et Monrodava principalement.

Si les conditions agronomiques et climatiques sont favorables à condition de compenser par l'irrigation une pluviosité faible, on se heurta dès les premières années à une pullulation d'insectes parasites favorisées par les étendues de culture en cotonnier d'un seul tenant et la présence de nombreuses Malvacées sauvages pouvant servir de réservoir entre les campagnes. Toutefois par des mesures agronomiques appropriées et des traitements insecticides il semble que l'on soit à même de juguler ce fléau.

En 1956 apparut en plusieurs endroits (Betanimena-Tuléar, Ankilimalinika, Bas-Mangoko) un affaiblissement des cotonniers, bientôt appelé " wilt". Nous n'allons pas refaire ici l'historique de cette question, tous les rapports la concernant pouvant être consultés au Service de l'Agriculture, à Tananarive, mais seulement faire en quelques lignes le point des connaissances avant notre ~~XXXX~~ mission à Madagascar.

Les premières observations sur ce flétrissement furent faites par M. Delattre, de l'I.R.C.T.; en relation avec le dessèchement progressif des feuilles et des parties aériennes il observe dans certains cas des brunissements radiculaires internes se prolongeant dans la tige, symptômes ressemblant à ceux caractéristiques du "wilt", dû à Fusarium vasinfectum, une des plus graves affections du cotonnier. Toutefois deux envois à M. le Pr. Guillemat de cotonniers atteints de flétrissement ne permettent pas d'isoler F. vasinfectum, mais plusieurs autres espèces fusariennes ainsi que divers champignons ~~secondaires~~. M. Guillemat conclut que "l'ensemble fusarien permet d'émettre l'hypothèse d'une attaque secondaire".

Entre temps une mission composée de MM. Séchet, Rondet et Goarin se rend dans le Sud de Madagascar. On ne retrouve pas sur les cotonniers flétris les brunissements internes signalés par Delattre.

Enfin une mission composée de MM. Barat, Dadant ~~et~~,
(phytopathologistes) et Didier de St Amand (pédologue), se penche
sur la culture de ~~la~~

à son tour sur le problème. Les observations nouvelles portent sur deux points : D'abord on trouve dans les racines des cotonniers flétris d'Ankilimalinika des nématodes Tylenchidae qu'il ne retrouve pas sur les pieds sains: on croit donc tenir là la cause primaire de l'affection. Deuxièmement le flétrissement observé au Bas-Mangoko apparaît entièrement différent, non parasitaire (pas de nématodes) et vraisemblablement dû à une cause venant du sol même (ali- mentation en eau déficiente sur certaines portions de la zone des calans ou présence de sels toxiques sur des taches plus ou moins d- diffuses).

Nos propres observations confirment ce dernier point de vue et nous séparerons immédiatement la " fanaison" sévis- sant au Bas-Mangoko du " flétrissement" de la région de Tuléar.

I/ La " fanaison" du Bas-Mangoko:

A la station du Bas-Mangoko les sols peuvent être , très grossièrement, divisés en deux catégories: d'une part les "sables roux" d'autre part les "alluvions grises" de la parcelle Plaisance (section III). D'est uniquement dans cette dernière partie de la station que l'on rencontre des pieds fanés. Au moment où nous sommes passé (6-9 Mars) on pouvait observer des taches de végétation restreinte dont la superficie cumulée n'atteignait pas loin de 30 % de la superficie totale de la partie Sud de la section III. Ces taches , assez régulières de forme, de 10 à 40 m. de diamètre, comprenaient des pieds de cotonnier plus petits que ceux les entourant, la taille diminuant de l'extérieur vers le centre où souvent les pieds étaient morts. Ces cotonniers , très petits, sont desséchés, mais les feuilles pendantes restent vertes , comme si le desséchement était survenu brutalement, le jaunissement n'apparaissant qu'ensuite, après la mort du plant. Si l'on examine le système radiculaire , celui-ci est entièrement sec, léger, facilement friable, mais non pourri; aucune lésion ou traces de piqures n'apparaissent. Des colorations à la fuchsine acide n'ont permis de déceler dans de tels appareils souterrains ni champignon, ni nématode, sauf dans les racines visiblement mortes depuis un certain temps et en voie de ~~de~~ ^{de} ~~sagrégation~~ où de rares éléments mycéliens étaient présents. Une ~~de~~ ^{de} ~~quinzaine~~ ^{de} d'analyses de sol prélevé au contact de ces plants malades n'a ~~pas~~ ^{pas} permis de déceler aucun nématode phytoparasite; tout au plus note-t-on la présence de Aphelenchus avenae mais cette dernière espèce n'est qu'un parasite de faiblesse qui attaque des cellules déjà lésées et fait normalement partie du cortège saprophagique. Aucune lésion au collet n'apparaît non plus. L'aspect de ces plants suggère une intoxication brusque ou une déficience subite de l'ali- mentation en eau. Didier de St Amand dans son rapport avait pensé expliquer le phénomène par des défauts de planage ou un mauvais tra- cé de billons et canaux; lors de son passage en effet les taches de ~~de~~ ^{de} déficience étaient surtout abondantes vers les diguettes séparant les calans, là où l'eau d'irrigation arrive le plus difficilement; mais depuis des modifications au système d'irrigation ont été appo- tées et l'eau arrive normalement partout; de plus au moins un tiers des taches observées étaient très éloignées des diguettes . L'irri- gation ne semble donc pas actuellement devoir être mise en cause mais bien la nature même du sol dans ces taches.

En effet si dans les zones saines, en eau, on coupe transversalement un billon, on trouve un sol humide, normal. Par contre dans une tache à végétation réduite, même si celle-ci est en eau depuis plusieurs heures, lors d'une coupe transversale du billon, on trouvera un sol légèrement humide sur les premiers cms. environ, puis ensuite très sec, coulant facilement dans les doigts, et ce jusqu'au niveau de l'eau. Cela suffit-il à expliquer le dessèchement? Faut-il également faire intervenir, comme le signale Didier de St Amand le fait que " les sels solubles et les chlorures soient plus concentrés dans les zones malades où ils atteignent même des valeurs légèrement nocives " et par conséquent pencher vers une intoxication ? C'est là un problème du ressort des pédologues et des physiologistes, sur lequel nous ne nous prononcerons pas; ~~et~~ tout au plus pouvons nous affirmer que la "fanaison" n'a pas une cause parasitaire

Sur les sables roux si la végétation est parfois inégale et si l'on observe des zones où les cotonniers sont moins vigoureux, on ne retrouve pas une telle fanaison qui semble bien liée aux alluvions limoneuses. Cinq prélèvements effectués dans les sables roux n'ont permis de rencontrer aucun nématode phytoparasite.

2/ " Pourridié " à Monrodava :

Des taches de ^{mauvaise,} végétation avaient déjà été signalées par Delattre dans les essais de Mahabo en 1954-1955. En 1957 Delattre également observe une grande tache à l'intérieur de laquelle tous les cotonniers sont morts. Un échantillon qu'il nous a rapporté lors de notre mission à Tuléar nous a permis de constater qu'il s'agit là d'une affection différente tout à fait de la fanaison et du flétrissement : toutes les racines sont pourries, le pivot principal également, le parenchyme cortical est défibré, sec, spongieux, ressemblant fort à ce que l'on observe dans différents pourridiés. Aucun nématode phytoparasite ne fut rencontré dans le sol autour de ce pied.

3/ Le "flétrissement" de la région de Tuléar:

Pour caractériser l'affection du cotonnier observée dans cette région, nous préférons le terme de "flétrissement" à ceux de "flétrissure" ou de "wilt" qui ont parfois été employés dans les rapports précédents, le premier de ces termes ayant le plus fréquemment une acceptation morale et le second caractérisant une maladie nettement définie due au Fusarium vasinfectum.

- Description de l'affection :

Les pieds atteints sont répartis non en taches régulièrement définies comme dans le cas de la "fanaison", mais groupés dans des zones plus ou moins diffuses où quelquefois près de 60 % des pieds sont malades. Souvent deux ou trois sont attaqués en suivant un rang; puis plusieurs pieds sains succèdent avant de rencontrer de nouveau un ou plusieurs pieds malades; cela est d'ailleurs très classique dans le cas de maladies parasitaires.

Les cotonniers malades présentent les symptômes suivants: ils

vants : ils sont généralement plus petits que les pieds voisins, tous au moins en fin d'évolution de la maladie ce qui indique que leur croissance est ralentie dès le début de l'infection; les entrenœuds des rameaux secondaires sont d'ailleurs raccourcis. Les feuilles commencent par jaunir, les zones internervaires palissant les premières; les feuilles sèchent ensuite et restent parfois attachées par le pétiole, mais le plus souvent elles tombent assez rapidement, bien avant la mort du pied, celui-ci pouvant d'ailleurs émettre de nouvelles feuilles, plus petites que les feuilles normales, principalement aux entrenœuds du bas de la tige, mais ceci est loin d'être constant. Après la chute des feuilles, la tige et les diverses branches commencent à brunir par leur sommet, ce brunissement s'accroissant en gagnant vers le bas. En fin d'évolution, les cotonniers, noirs, secs, semblent avoir été brûlés.

Symptômes internes : si l'on fend en deux la tige et la racine principale d'un pied en fin d'évolution de maladie, trois cas peuvent se présenter :

- les tissus internes paraissent normaux, sans coloration particulière, ce qui est le cas le plus fréquent.

- il existe un brunissement médullaire marqué remontant généralement depuis une pourriture de la racine principale ou d'une des grosses racines secondaires. Ce brunissement est strictement localisé à la moelle.

- on observe une moelle normale, mais les tissus ligneux présentent de grandes plages brunâtres ou beige foncé, très inégalement développées suivant la circonférence de la tige, brunissement signalé par Delattre et ressemblant beaucoup à celui considéré à tort ou à raison, comme caractéristique du "wilt" à Fusarium vasinfectum.

Au début de notre étude nous avons essayé de relier ces trois types différents de symptômes, ou d'absence de symptômes, aux différences observées dans les symptômes externes, notamment au fait que les feuilles desséchées restent ou non attachées à la tige et à la repousse ou l'absence de repousse de nouvelles feuilles après le dessèchement des premières. En fait aucune corrélation bien nette ne semble exister quant à la chute des feuilles séchées, par contre pour la repousse de nouvelles feuilles, celle-ci n'a lieu que dans le cas d'absence de symptômes internes ou de pourriture médullaire, mais jamais dans celui de brunissements ligneux. Cependant il faudrait pouvoir observer ~~un~~ un beaucoup plus grand nombre de pieds que celui observé (une centaine environ) pour arriver à des conclusions définitives. Le "flétrissement" devrait donc plutôt se nommer "les flétrissements" étant donné les différences symptomatiques qui se présentent, mais l'individualisation de différents types d'attaques n'est pas encore possible; aussi entendons-nous "flétrissement" dans un sens collectif.

Cette affection a été observée principalement à Ankilimalinika (concession Raccaud), surtout dans les parcelles 2, 4 et 6; plusieurs des zones malades atteignaient 30 à 40 mètres de diamètre. A Miary, dans les champs indigènes on la retrouve également, mais ici les tâches sont encore beaucoup moins nettes; souvent deux ou trois pieds se touchant sont atteints dans un champ et il

fait p...

parcourir une centaine de mètres pour en retrouver d'autres. A Betanimena, dans les champs expérimentaux de l'I.R.C.T. aucun pied atteint ne fut remarqué bien qu'une tache nettement caractérisée ait été observée l'année précédente; nous reviendrons sur ce dernier point.

En résumé cette affection ne semble, pour l'instant atteindre qu'un nombre très faible de plants et les dégâts qu'elle occasionne sont sans rapport avec la gravité des attaques d'insectes. Cependant il a été très prudent et logique de s'alarmer immédiatement au moment de son apparition, car la ressemblance avec le wilt pouvait faire craindre un grave danger pour l'avenir des cultures cotonnières de la région sud-ouest de Madagascar.

- Les causes du flétrissement :

- Champignons

En 1956, deux envois successifs de pieds atteints de flétrissement avaient été effectués à M. le Pr. Guillemat, de Grignon, par M. Delattre. Les champignons isolés furent les suivants par ordre de fréquence décroissante :

Fusarium scirpi var. caudatum
" equiseti var. bullatum
" moniliforme
" oxysporum var. nouvelle
champignon stérile à microsclérotos
Botryodiplodia theobromæ
Phoma sp.

Monsieur Guillemat, d'après cette flore parasitaire, déclare : " Nous sommes en présence d'une flétrissure due à un complexe fusarien à dominance de Fusarium scirpi var. caudatum, je pense qu'il ne s'agit pas là d'une introduction mais de la constitution sur place d'un complexe biologique pathogène. Il faudrait voir s'il n'existe pas une cause primaire ou favorisante (nématode, carence, etc. ...)".

Nous avons effectué plusieurs séries d'isolements à partir de racines et de ~~nœuds~~ tiges de pieds présentant une pourriture médullaire et de pieds à brunissements ligneux. Pour les premiers les cultures obtenues ont été si rapidement submergées par des colonies de bactéries diverses, que dans les conditions précaires où nous travaillions, il ne nous a pas été possible d'isoler et de sauver les champignons présents. Pour les seconds, une espèce mycologique se retrouvait constamment qui fut par la suite identifiée par M. Barat à Fusarium solani, \S sensu Snyder & Hansen, espèce paraissant le rapprocher de F. solani (Mart.) App. & Wr. var. minus Wr. Il ne s'agit donc pas là d'une des espèces rencontrées par M. Guillemat. Cela ne semble pas tellement étonnant, et M. Guillemat lui-même écrit : " en examinant les fréquences (des différentes espèces de Fusarium) obtenues, je pense que celles-ci ont une valeur relative qui n'est représentative que du moment où est effectué l'isolement."

Il semble donc bien que les cotonniers soient infectés

par plusieurs espèces fusariennes, la proportion, la présence même de chacune d'entre elles pouvant être assez variable. Il s'agit certainement là ~~de~~ d'espèces banales dans le sol, non spécifiques, très répandues, se trouvant occasionnellement sur cette plante et non d'un cas de parasitisme strict de la part d'une espèce inféodée à un hôte donné. Dans le cas de telles attaques, on pense généralement à ~~l'action~~ l'action d'un facteur primaire, sol ou nematode.

Le sol : lors de sa mission en mai 1956, Didier de ~~St. Amand~~ Amant examine plusieurs profils à Betanimena et Ankilimalinika, dans des zones atteintes ou ayant été atteintes de flétrissement et comparativement dans des zones saines. La ~~conclusion~~ des analyses chimiques et physiques des échantillons de sol récoltés est que dans l'un et l'autre endroit les seules différences significatives, quoique légères, entre sol portant des pieds malades et sol portant des pieds sains, joue sur l'alimentation en eau de la plante. A Betanimena les "sols à cotonniers dépérissant sont plus poreux en profondeur et possèdent davantage de sels solubles en surface."

A Ankilimalinika, le "limon est moins abondant en zone malade" ainsi que l'humus, enfin "les sels solubles sont en général plus abondant dans les zones malades que dans les zones saines, mais n'atteignent jamais des valeurs nocives".

Didier de St. Amand conclut "les taches de mauvaise végétation ne sont pas dues au sol. Si ce dernier intervient il n'a qu'un rôle secondaire et indirect qui doit influencer l'absorption de l'eau par le végétal".

Nous reviendrons sur ce dernier point.

- Les Nématodes : Les nématodes ont évidemment été ~~le~~ l'objet principal de nos recherches. Au total près de 150 analyses de sol et examens de systèmes radiculaires ont été effectués. Nous n'entreons ~~pas~~ pas dans le détail fastidieux de chaque examen et ne rendons compte ici que des observations générales et des conclusions qui peuvent se dégager de cette étude.

~~Les espèces phytoparasites présentes :~~

Les espèces phytoparasites présentes sont ^{les suivantes,} classées ~~ici~~ par ordre de fréquence décroissante :

Pratylenchus zeae Graham 1951, sol et racines
Hoplolaimus seinhorsti n.sp. sol et racines
(?) Cacopaurus ou (?) Paratylenchus sp. n. sol
Criconemoides citri Steiner 1949 sol
Hemicycliophora membranifer Micoletzky 1925 sol
Rotylenchus cf. erythrinae (Zimmermann, 1904) Goodey 1951 sol

Notons également la présence fréquente d'Aphelenchus avenae Bastian 1865, en y ajoutant les réserves émises plus haut quant à son parasitisme réel.

Pratylenchus zeae. Cette espèce est de loin la plus abondante et la plus fréquente des phytoparasites; c'est elle qui fut observée par Dadant car c'était la seule présente sur ~~un~~ un échantillon de racines qu'il nous envoya alors à l'inst. de ~~la~~ ^{présente sur l'}

de racines qu'il nous envoya alors à fin de détermination. On la retrouve dans tous les échantillons de sol, que ce soit au voisinage des pieds sains ou des pieds malades, de Betanimena, Miary et Ankilimaliniika. Par contre nous avons vu qu'elle était absente à la station du Bas-Mangoko et d'autre part des échantillons de pieds malades ramenés par Delattre de Mahabo n'ont pas permis non plus d'y noter sa présence. On retrouve également cette espèce dans le système racinaire de tous les pieds flétris examinés et dans celui des pieds sains.

la matière

Dans le cas de pieds flétris on observe, après arrachage minutieux du système racinaire, qu'une partie du chevelu est détruite; les fines radicelles restantes sont marquées de fines petites punctuations rougeâtres, peu allongées, représentant les points d'entrée des Pratylenchus. En colorant les radicelles à la fuchsine acide on observe des juvéniles et des femelles adultes de cette espèce, entièrement logés à l'intérieur du parenchyme cortical, enroulés sur eux-même ou le plus fréquemment, allongés contre le cylindre central; les cellules entourant les animaux sont lésées et envahies de matière gommeuse brune. Notons que cette espèce ne comporte pas de mâles. Dans le cas de pieds ne présentant pas de symptômes externes de flétrissement le chevelu racinaire est plus abondant; les Pratylenchus sont également présents, dans la même situation, à l'intérieur du parenchyme cortical, en quantité moindre peut-être, quoique cela soit difficile à apprécier.

Les plus forts peuplements de Pratylenchus dans le sol ont été trouvés dans des zones à flétrissement (parcelle 4 de la concession Raccaud notamment), mais dans ces zones le peuplement était sensiblement le même au voisinage de pieds sains et de pieds flétris.

Dans l'ensemble le nombre de Pratylenchus rencontrés aussi bien dans le sol que dans les racines est faible comparative-ment aux symptômes externes observés, amenant la mort des pieds. Sur les racines on ne trouve que quelques individus au cm.; les seules marques de leur activité sont les petites punctuations brunes; on ne recote pas comme dans le cas d'attaques massives de Pratylenchus d'espèces diverses sur d'autres plantes, ces déformations de l'extrémité racinaire qui devient géniculée, ces repous- ses successives, par suite de destruction du méristème apical, leur donnant finalement un aspect digité. Même dans les cas d'attaques caractérisées où plusieurs milliers d'individus sont présents dans le système racinaire (alors que sur les cotonniers nous avons au plus rencontré 200 individus par pied), la mort de la plante n'est pas inéluctable; il faut pour cela une destruction pratiquement totale du chevelu racinaire alors qu'ici on peut chiffrer à un quart au plus la portion détruite sans d'ailleurs que l'on puisse affirmer que ce soit là uniquement le fait des nématodes. D'ailleurs les observations effectuées sur les maïs de Betanimena montrent que cette plante peut contenir, à volume racinaire égal, une quantité cinquante fois plus grande de Pratylenchus zeae, sans apparemment en souffrir et sans que son système racinaire paraisse particuliè- rement lésé; corrélativement la quantité de Pratylenchus dans le sol

sol au voisinage des racines de Maïs est beaucoup plus élevée qu'au voisinage des racines de cotonniers, même flétris. Il faut évidemment faire la part d'une éventuelle différence de sensibilité entre les deux végétaux, mais si le cotonnier était un hôte de choix pour Pratylenchus zeae sa pullulation serait certainement mieux favorisée par cette plante.

Du sol infesté par Pratylenchus zeae et Hoplolaimus seinhorsti avait été rapporté par M; Barat au laboratoire de Phyto-pathologie de Tananrive-Ambatobé. Des cotonniers avaient été semés sur ce sol que nous avons pu examiner; ils étaient infectés par les deux espèces, mais ne semblaient pas moins vigoureux que les témoins.

De ces observations qui, répétons-le, ont porté sur près de 150 prélèvements, il semble bien ressortir que le parasitisme de Pratylenchus zeae est un parasitisme accidentel. Cette espèce est présente dans le sol de diverses régions de Madagascar; rappelons qu'elle injecte la canne à sucre à Nossy-Bé et à Ambilobé; dans la région de Tuléar elle attaque d'ailleurs des plantes sauvages comme Abutilon asiaticum et Corchorus acutangulus et sa présence est vraisemblablement favorisée par la culture du maïs. Elle a trouvé un hôte dans le cotonnier, mais il ne paraît que son parasitisme nuise réellement à cette plante, pas plus d'ailleurs qu'au sorgho sur lequel nous avons également pu l'observer. En d'autres termes si son parasitisme est probant sa pathogénicité est faible. Qu'elle contribue à l'affaiblissement du cotonnier en détruisant une partie du chevelu racinaire et en nuisant ainsi à l'alimentation en eau et en matières solubles est évident, qu'elle joue un rôle introducteur favorisant la pénétration des différents Fusarium isolés de plants affaiblis est probable, mais qu'elle soit la cause unique directe ou même principale du flétrissement est extrêmement douteux sinon improbable.

Des échantillons de sol infectés par cette espèce et par Hoplolaimus seinhorstii ont été expédiés à notre laboratoire d'Adiopodoumé-Abidjan où les deux parasites sont en voie de multiplication. Dès notre retour en janvier 1958, nous y commencerons une série d'expériences d'infestation destinées à chiffrer l'exacte pathogénicité de ces deux espèces envers le cotonnier et d'autres plantes cultivées.

de la canne à sucre

L'espèce rencontrée ici et qui attaque également la canne à sucre, Abutilon asiaticum, Corchorus acutangulus, le Maïs et le Sorgho, ne diffère que très légèrement de Pratylenchus zeae typique, notamment par la forme de la queue π , moins pointue, et la position moins élevée de la vulve. Une étude en cours à Adiopodoumé permettra de préciser sa position systématique et sa biologie.

Hoplolaimus seinhorsti n.sp. Cette nouvelle espèce, uniquement représentée par des femelles et dont la description paraîtra dans un article ultérieur a été rencontrée à Miary, à Batanimena et à Ankilimalinika, aussi bien dans le sol au voisinage de cotonniers dépérissants que de cotonniers sains. Sa présence n'est toutefois pas aussi constante que celle de Pratylenchus zeae et on ne la retrouve que dans 30% des échantillons environ. Dans ceux-ci elle est notablement moins abondante que Pratylenchus zeae (20% environ); un seul échantillon provenant du voisinage de racines de pied flétri à Miary (parcelle 3) a montré une population abondante de cette espèce, accompagnée d'un petit nombre seulement de Pratylenchus zeae et de quelques Criconemoides citri.

Dans les racines de cotonnier nous n'avons observé que quelques individus (pied flétri, parcelle 2, Ankilimalinika). Ils sont complètement engagés dans le ~~le~~ parenchyme cortical et allongés contre le cylindre central.

Dans le cas de Hoplolaimus seinhorsti également, si le parasitisme est démontré, la pathogénicité semble faible. Le sol rapporté par M. Barjat de la plantation de Raccaud à Tananarive contenait une assez belle population de Hoplolaimus seinhorsti en mélange avec Pratylenchus zeae, et cependant, comme il a déjà été dit plus haut, les cotonniers plantés sur ce sol n'en souffraient apparemment pas. Les mêmes conclusions que celles données pour Pratylenchus zeae sont valables ici : contribution probable à un affaiblissement des plantes, rôle d'introducteur possible, mais certainement pas cause directe du flétrissement observé.

Cette espèce étant nouvelle aucune précision ne peut être apportée sur son parasitisme; nous ne l'avons pas rencontrée au voisinage d'une autre plante que le cotonnier. Les envois de sol infecté au laboratoire d'Adiopodoumé-Abidjan permettent ~~de~~ de définir expérimentalement sa pathogénicité tant sur le cotonnier que sur autres plantes cultivées. L'espèce la plus ~~au~~ ^{connue} Hoplolaimus propionicus Goodey 1957, parasite les jeunes palmiers à huile en pépinière au Nigeria, Cameroun Britannique et Côte d'Ivoire. Bien que rencontrée en très petit nombre elle fut soupçonnée pendant un temps d'être la cause du "blast" de cette plante, sorte de flétrissement ~~trissement~~ pouvant amener en quelques mois la mort de 50% des palmiers d'une pépinière; sa présence fut reconnue ultérieurement aussi bien sur plante saine que sur plante malade, de plus il fut expérimentalement démontré que le blast était causé par un complexe mycologique où entrent en jeu plusieurs espèces. ~~Il n'est pas impossible~~ Il n'est pas impossible que dans le cas de ces deux maladies, " blast " du palmier à huile et " flétrissement " du cotonnier, les Hoplolaimus puissent ~~jouer~~ jouer un rôle d'introducteur.

Cacopaurus (ou Paratylenchus sp.) Nous avons rencontré cette espèce dans 3 échantillons de sol seulement : 2 provenant de la même zone à flétrissement de la parcelle 2 (plantation de Raccaud, Ankilimalinika), le dernier au voisinage de pieds wiltés de la parcelle I des champs indigènes de Miary. Dans ces trois échantillons le nombre d'individus appartenant à cette espèce était moyennement élevé; dans les 3 échantillons on notait également la présence de Pratylenchus zeae.

et dans celui venant de Miary celle de Hoplolaimus seinhorsti. L'espèce en question n'était représentée dans le sol que par des mâles, cela signifie que les femelles doivent vivre fixées sur les racines de façon sédentaire ce qui ferait pencher en faveur du genre Cacopaurus; une seule femelle, immature, fut en effet rencontrée libre. Malheureusement nous ne disposons à Tuléar que d'une loupe binoculaire et non d'un microscope, et ces mâles furent pris pour des mâles de Pratylenchus (Pratylenchus zeae ne possède pas de mâles, mais à ce moment, outre que nous ne connaissions pas l'identité exacte du Pratylenchus rencontré, l'action de plusieurs espèces de ce genre comme dans le cas de la canne à sucre, ne semblait pas impossible).
Aussi ~~des~~ des femelles appartenant à ce dernier genre étaient présentes dans le sol, ne conservâmes-nous qu'un seul échantillon réduit de racine de cotonnier. Lorsqu'au laboratoire de M. Seinhorst nous recon-
nûmes ~~néanmoins~~ qu'il s'agissait en fait de deux genres, nous recherchâmes sur cet échantillon de racine les femelles appartenant au Cacopaurus -
la Pratylenchus, mais malheureusement aucune n'était présente. Aussi la détermination par les mâles seuls étant impossible, restons-nous dans l'incertitude quant à la détermination exacte de cette espèce. M. Delattre ~~me~~ nous a promis d'effectuer des recherches dans les endroits où cette espèce est présente et de nous envoyer du matériel fixé. Peut-être aurons-nous donc la possibilité d'apporter d'ici quelque temps les précisions nécessaires sur son identité.

Au point de vue pratique cette espèce ne semble ~~être~~ - ~~pas~~ avoir qu'une importance très secondaire étant donné le faible nombre des échantillons dans lesquels elle est présente. Ce faible nombre (trois) rend également non significatif le fait qu'il s'agisse dans les trois cas de cotonniers déperissants.

Criconemoides citri Steiner 1949 Quelques individus appartenant à cette espèce ont été rencontrés dans deux échantillons de sol pris au voisinage de pieds flétris à Miary, l'un dans la parcelle 1, l'autre dans la parcelle 3.

Cette espèce semble banale à Madagascar où elle a été également rencontrée au voisinage de racines de bananier, de canne à sucre et de manioc. Elle ne semble pas avoir d'importance économique. Les Criconemoides d'ailleurs dans leur ensemble quoique parasites sont doués d'une faible pathogénicité et n'agissent généralement qu'en compagnie d'autres phytoparasites; ils ne représentent qu'un faible pourcentage de la population parasite totale.

Hemicycliophora membranifera Micoletzky 1925

Trois femelles de cette espèce furent trouvées dans des échantillons de sol au voisinage de pieds malades à Miary (parcelle 6).

Rotylenchus cf. erythrinae (Zimmermann 1904) Goodey 1951

Trois femelles également de cette espèce furent rencontrées dans un échantillon de sol de Betanimena, également au voisinage de pieds flétris.

Le rôle des nématodes et les causes du flétrissement :

Sur les six espèces rencontrées, deux seulement, Pratylenchus zeae et Hoplolaimus seinhorsti par leur relative constance dans les échantillons de pieds flétris et le nombre de leurs individus, peuvent être déclarées en relation avec le flétrissement. Les 4 autres n'ont été rencontrées que dans un nombre de cas trop restreint.

Ce qui est remarquable c'est que ces deux espèces se retrouvent également dans le sol et dans les racines de cotonniers apparemment sains. Pour vérifier ce fait nous avons effectué à Miary, Betanimena et Ankilimalinika, des prélèvements de racines dans des zones saines et en choisissant à dessein les cotonniers les plus verts et les plus vigoureux : dans 50 % des cas nous avons retrouvé Pratylenchus zeae et dans 20 % Hoplolaimus seinhosti; les individus sont en nombre plus faible que dans les systèmes radiculaires des pieds flétris, mais nous ne pensons pas que cette différence dans le nombre des nématodes puisse suffire à faire passer un pied de l'état le plus vigoureux à celui de pied entièrement séché; il faudrait accorder au pouvoir parasitaire de ces espèces une puissance dont on n'a pas encore d'exemple dans ce groupe et celui-ci accompagné d'un seuil léthal, ce qui serait nouveau car normalement les symptômes externes sont grossièrement proportionnels au nombre de nématodes présents dans les racines.

Le rôle parasitaire des nématodes pourrait d'ailleurs être immédiatement précisé par un essai nématocide. Un tel essai avait bien été monté à la concession Raccaud en 1957 sur nos indications, mais diverses vicissitudes ont rendu le traitement inefficace : injections de E D B 50 faites aux heures chaudes de la journée et dans un sol très sec, (ces deux causes ayant entraîné une trop rapide évaporation du produit), traitements effectués en plusieurs temps, etc.. De ce fait l'essai fut ininterprétable. Ce pourrait être un des travaux du futur nématologiste affecté à Madagascar que de mettre au point un essai simple avec des doses massives de D D ou de E D B 50 sur une zone à flétrissement bien caractérisée.

Nous pensons donc que les nématodes ont un rôle ~~faible~~ direct faible dans les troubles de l'alimentation en eau de la plante et qu'ils ne constituent pas seuls la cause du flétrissement.

Quelle est donc la cause de celui-ci ? Nous avons vu que les mycologues considèrent les espèces rencontrées comme secondaires, les pédologues le rôle du sol comme indirect et son action lointaine et le nématologiste les nématodes comme incapables seuls d'expliquer l'affection. Faut-il ~~chercher~~ chercher une quatrième cause jusque-là passée inaperçue ? Nous ne le pensons pas et émettons plutôt l'hypothèse que les 3 facteurs, sol, nématodes et champignons, jouent leur rôle dans cette affection et que c'est leur ~~combinaison~~ action combinée qui amène un état morbide chez les cotonniers.

Dans cette affection le rôle des champignons nous semble toutefois primordial comme le révèle le succès obtenu dans l'éradication d'une tache de flétrissement à Betanimena par Delattre en 1956. Rappelons les faits : une zone de 5 à 6 mètres de diamètre porte à cette époque des pieds flétris; ceux-ci sont arrachés ainsi que les pieds sains situés sur le pourtour de la tache; tous les dé-

⁶
brûlés sont soigneusement ramassés et brûlés; puis on épand une poudre à base de produit organo-mercurique à la dose extrêmement forte de près d'un KG⁶ au m²; un labour léger enfouit cette poudre. En 1957 sur l'emplacement de cette tache on ne retrouve aucun pied flétri; les cotonniers présents sont même, à l'oeil, plus vigoureux que les voisins. Une série de prélèvement de sol à l'intérieur de cette ancienne tache et à l'extérieur, des examens corrélatifs du système racinaires des cotonniers dans les deux cas, montrent que les nématodes (Pratylenchus zeae et Hoplolaimus senhorsti) sont présents en quantité sensiblement équivalente dans la zone traitée et à l'extérieur.

A Ankilimalinika les cotonniers⁶ avaient en 1956 été arrachés sur deux taches, les débris brûlés, mais aucun traitement aux organo-mercuriques n'avait eut lieu: sur ces deux taches le flétrissement a reparu en 1957.

Il semble donc bien que les organo-mercuriques soient les responsables du succès observé à Betanimena et que ce soit à leur qualité fongicide qu'il faille l'attribuer. Ce point est d'autant plus important que l'on tient là une méthode d'éradication des foyers de flétrissement qu'il serait intéressant de mettre en application avant que ceux-ci ne s'étendent.

La seule tache ayant disparu entre 1956 et 1957 étant celle traitée avec un fongicide il nous faut bien croire au rôle primordial des champignons. Les nématodes partout présents pourraient d'ailleurs fort bien servir d'introducteurs à ces champignons, car il est peu d'exemple de Fusarium pouvant seuls pénétrer dans des racines saines; ils profitent ~~aux~~ généralement de blessures du système souterrain et celles infligées par les nématodes ne sont, en ce sens, pas négligeables. Rappelons que dans le cas du "wilt", il a été récemment démontré que les nématodes étaient un facteur primordial de l'infection par Fusarium vasinfectum; la présence seule du Fusarium dans le sol ne suffit pas et dans ce cas on n'observe expérimentalement que 4 % de contamination des plants; les nématodes seuls dans le sol ne provoquent aucun symptôme de wilt; mais la conjonction nématodes + Fusarium donne 97 % de cas de "wilt". On voit que si le rôle direct des nématodes est nul, leur rôle indirect comme introducteurs du parasite est déterminant. Il est vrai que ces expériences faites aux U.S.A. avaient utilisé comme nématode Meloidogyne incognita acrita; d'autres espèces, Belonolaimus gracilis, notamment, peuvent également jouer le même rôle; par contre on ne sait les Pratylenchus et Hoplolaimus jouissent du même pouvoir. Il ne semble pas en effet que n'importe quelle espèce de nématode phytoparasite puisse introduire un champignon, leur action n'étant pas alors simplement mécanique: en effet dans le wilt du gombo (Hibiscus esculentus L.) il a été expérimentalement démontré aux U.S.A. (communication du Dr⁶ Seinhorst) que différentes espèces de Meloidogyne ainsi que Belonolaimus gracilis peuvent servir d'introducteur au Fusarium responsable des dégâts, mais que Pratylenchus brachyurus, bien que parasitant les racines de la plante n'a pas le même pouvoir. Nous avons d'ailleurs la chance à Madagascar que l'espèce de Meloidogyne la plus

répandue et seule trouvée dans le Sud Ouest de l'île soit M. javanica, espèce à laquelle le cotonnier est résistant.

La question du rôle de Pratylenchus zeae et Hoplostaimus seinhorsti comme introducteurs des champignons responsables du flétrissement reste donc posée.

La nature du sol dans les taches malades, favorisant une déficience en eau, peut avoir une action positive sur les infections par les divers Fusarium. Rappelons à ce sujet que Meiffren, travaillant en Côte d'Ivoire sur la trachéomycose du caféier, n'obtient d'infections positives des jeunes caféiers par Fusarium xylarioides que si les racines sont suffisamment desséchées.

Nature particulière du sol dans les taches et nématodes peuvent donc être des facteurs concourant à l'infection par les champignons qui, à notre avis, demeurent les responsables de l'affection.

Orientation des recherches futures

C'est ~~à notre avis~~ sous l'angle mycologique que le flétrissement devrait être maintenant abordé. Il s'agirait avant tout par des séries importantes d'isolements et de réinfections expérimentales, de déterminer la ou les espèces fongiques responsables des dégâts.

Quant aux nématodes, le rôle parasitaire des ~~2~~ deux principales espèces pourra être déterminé à Adiopodoumé en cours de l'année 1958.

Plus tard, lorsque seront précisés les identités des champignons en cause, des expériences mixtes, nématode et champignon peuvent être mises en place à Madagascar, afin de déterminer le rôle introducteur possible des nématodes.

En attendant, une surveillance devra être exercée sur les taches de flétrissement, leur éradication à l'aide de produits organomercuriques devrait même être envisagée, les essais dans ce sens ayant été très encourageants.

Cette affection n'a ~~pas~~ actuellement qu'une importance économique minime, mais la culture du cotonnier est elle-même à ses débuts à Madagascar et une extension future ~~est~~ de la maladie en même temps que celle des cultures est toujours à redouter. Mieux vaudrait tenter de supprimer dès maintenant les foyers infectieux en nombre encore très limité.

Conclusion

La courte mission que nous avons effectuée à Madagascar, a donc permis de relever 61 cas de parasitisme des végétaux, cultivés ou sauvages, par des nématodes. Dans la plupart de ces cas, les données sont trop fragmentaires, les parasites trop peu connus, pour qu'une évaluation de leur importance économique puisse être avancée.

Cependant certains problèmes parasitaires se trouvent dès à présent posés que nous donnons ci-dessous dans l'ordre de leur importance décroissante, étant bien entendu que ce classement est tout à fait provisoire et que de nouvelles recherches amèneront certainement à le modifier :

- le problème n°1 nous paraît être celui de Meloidogyne javanica sur pomme de terre. Il faudra agir le plus rapidement possible par des mesures agronomiques dont nous avons donné l'essentiel.
- le parasitisme du Meloidogyne sur tabac est également à surveiller mais ici les données précises manquent.
- les nématodes parasites du cotonnier jouent très probablement un rôle dans le flétrissement observé dans la région de Tuléar; mais c'est l'aspect mycologique de la question qui nous semble devoir être étudié en premier; la conjonction possible nématode - champignon ne devant être abordée que dans une deuxième phase des recherches.
- la présence de Radopholus oryzae sur riz ~~aux~~ peut faire craindre l'apparition de l'"omo-mentek"; des recherches sur l'étendue des zones contaminées, l'incidence du parasite sur les récoltes devront avoir lieu qui permettront peut être en même temps de comprendre un peu mieux la nature de cette maladie.
- la liaison observée entre la présence de Rotylenchus brachyurus sur les racines et l'aspect chétif des cannes à sucre sera également à étudier, ainsi que d'une façon générale le peuplement ~~des~~ nématologique des champs de canne.
- la présence de Pratylenchus coffeae sur certains caféiers à aspect maladif devra susciter des recherches plus complètes.
- le fait que les poivriers recèlent plusieurs nématodes parasites ne devra pas être négligé dans l'étude de la pourriture de ce végétal.
- enfin les parasites relevés sur ananas et bananes ^{ici} révèlent la présence d'un "danger d'avenir" en cas d'extension de ces cultures.

Cette liste ^{peut} ~~pouvant~~ en somme être considérée comme l'ébauche d'un programme de recherches sur les nématodes parasites de plantes de Madagascar; nous ne pouvons en quelques mois faire plus dans un pays où

cette question était entièrement neuve.

Il serait donc tout à fait souhaitable qu'un nématologiste puisse être affecté à Madagascar et reprendre les problèmes les plus importants. Les recherches seraient d'un intérêt certain pour le territoire, car si les nématodes constituent un réel fléau, les procédés de lutte contre les parasites sont au point et l'exemple de pays tel les U.S.A. prouvent qu'une fois entrés dans la coutume agricole leur rentabilité est largement assurée.

Bibliographie sommaire

- Atkins J.G., Fielding M.J. & Hollis J.P. - 1955 - Unusual record of plant diseases . A new nematode on rice in Texas and Louisiana . - Pl. Dis. Rep., 39, 69. 1955
- " " " " - 1955 - Parasitic or suspected plant parasitic nematodes found in rice soils from Texas and Louisiana - Pl. Dis. Rep., 39, 221-2
- Bally W. & Reydon - 1931 - De ~~legeworpe~~ tegenwoordige stand van het vraagstrik van de wortelaaltjes in de koffiekultuur - Arch.Koffiek., 5, 23-216
- Birchfield W. - 1953 - A parasitic nematode found on deteriorating roots of sugarcane - Pl.Dis.Rep., 37, 38
- " - 1953 - Parasitic nematode associated with diseased roots of sugarcane - Phytop., 43, 289
- " - 1954 - The reproduction of Tylenchorhynchus sp. from sugarcane soils on different plants. - Proc. Ass. South.Agric.Work., 51st Conv., 152-3
- Barat H. - 1956 - Rapport sur l'état sanitaire des cotonniers dans la province de Tuléar - 5 pp. dact.
- Bouriquet G. - 1946 - Les maladies des plantes cultivées à Madagascar - 538 pp. Ed. Le chevalier, Paris.
- " - 1954 - L'étude des Nématodes nuisibles aux plantes cultivées dans les territoires français d'Outre-Mer - Agr. Trop., 9, 84

- Chitwood B.G. - 1949 - Root-knot Nematode - Part I. A revision of the genus Meloidogyne Goeldi 1887- Proc.Helm.Soc.Wash. 16: 90-104
- " - 1950 - Introduction to nematology - Monum. Print. Co., 207 pp.
- Cobb N.A. - 1918- Estimating the nema population of soil. U.S.D.A., Techn. Circ., 1, 48 pp.
- Delattre R. - 1956 - Note succincte sur le flétrissement du cotonnier 6 pp. dact.
- Didier de St. Amand R. - 1956- Contribution à l'étude des déficiences observées sur des cultures de coton dans le Sud Oest de Madagascar. Rap. Sta. Agr. Lac Alaotra? 145 pp.
- François E. - 1927 - Sur deux ennemis de la pomme de terre à Madagascar - Rev.Bot.appl.Agr.Trop., 172-5
- Guillemat J. - 1956 - Note concernant la recherche de l'agent pathogène responsable d'une flétrissure chez le cotonnier dans la région de Tuléar (Madagascar) 3 pp. dact. J.
- Van Der Linde - 1956 - The Meloidogyne problem in South Africa - Nematol., 1, 177-83
- Van Der Vecht. J. - 1953 - The problem of the mentek disease of rice in Java - ~~Rambex~~ Cont. Gen.Agric.Res.Sta. Bogor N° 137, 88 pp.
- " & Bergman B.H.H. - 1952 - Studies on the nematode Radopholus oryzae (Van Breda De Haan) Thorne and its influence on the growth of the rice plant. - Cont. Gen.Agric.Res.Sta. , Bogor, 82 pp.
- Vilardebo A. - 1957 - Premiers essais de lutte contre les nématodes du bananier en Guinée Française . IV Cong. Int. Lutte Enn. Pl., Hambourg, 7pp. dact.

	Meloidogyne javanica	Pratylenchus brachyurus	Pratylenchus coffeae	Pratylenchus cf. penetrans	Pratylenchus pratensis	Pratylenchus scribneri	Pratylenchus sp. zeae	Radopholus oryzae	Helicotylenchus multincinctus	Helicotylenchus cf. erythrinae	Rotylenchus brachyurus	Rotylenchus sp. n° 1	Rotylenchus sp. n° 2	Hoplolaimus seinhorsti n. sp.	Chitinotylenchus annulatus	Rotylenchus Cacopaurus (?) sp.	Criconemoides citri	Criconemoides ferniae n. sp.	Memicycliophora membranifer	Aphelenchus avenae	Platylenchus spp.
Abutilon asiaticum	R						R														
Acacia decurrens	R																				
Ambérique	R																				
Ananas		R								R									R		
Aubergine	R									R											
Bananier									R	S							S				
Brède morelle	R																				
Caféier			R																		
Canne à sucre						R	R			R	R	R			S		S				
Carotte	R																				
Celeri	R									R											R
Cevabe	R																				
Chicorée	R																				
Corchorus acutangulus	R						R														
Cosmos	R																				
Cotonnier							R			S				R		S	S		S	S	
Epinard	R																				S
Kapokier	R										S										
Lupin	R																				
Maïs							R														
Manioc		R															S				
Pamplemoussier																					S
Persil	R																				
Phyllanthus niruri	R																				
Piment					R					R											
Poivrier				R								R									
Pomme de terre																					
Pomme de terre	R	R																			
Riz		R						S		S											
Sarrasin	R																				
Sebaria pallidefusca	R																				
Soja	R																				
Sorgho	R						R														
Tabac	R																				
Tomate	R																				
Ylang-ylang										S											

Nota : la lettre " R " signifie que des individus du nématode considéré ont été trouvés dans les racines de la plante (et dans le sol également); la lettre " S " que des individus ont seulement été rencontrés dans le sol au voisinage des racines, mais qu'ils n'ont été trouvés ou recherchés dans celles-ci.

Plantes attaquées par Radopholus oryzae

(d'après Van Der Vecht et Bergman, 1952)

- Cyperaceae :**
- Cyperus brevifolius (Rottb.) Hassk.
 - " difformis L;
 - " elatus L.
 - " haspan L.
 - " iria L.
 - " pilosus Vahl.
 - " pulcherrimus Willd. ex Kth.
 - " rotundus L. (s. ampl.)
 - Eleocharis spiralis (Rottb.) R. Br.
 - Fimbristylis ferruginea Vahl.
 - " globulosa (Retz.) Kth.
 - " miliacea (L.)Vahl.
 - Kyllinga monocephala Rottb.
 - Picreus sanguinolentus (Vahl.) Nees.
 - Scirpus supinus L.
- Graminae :**
- Echinochloa colona (L.) Link.
 - " crus-galli(L.) Beauv.
 - Eleusine indica Gaertn.
 - Leptochloa chinensis (L.) Nees.
 - Paspalum commersonii Link.
- Hydrophyllaceae:** Hydrolea zeylanica Vahl.
- Pontederiaceae :** Monochoria vaginalis Presl.

--

--

Plantes -hôtes et plantes non hôtes de Meloidogyne javanica

A / Plantes-hôtes:

Allium ascalonicum L
" cepa L.
Amaranthus retróflexus L.
" thunbergi Moq.
Angelica archangelica L.
Antirrhinum majus L.
Apium dulce Mill.
Armoríaca rustica Mill.
Avena sativa L.
Beta cicla L.
" vulgaris ssp. vulgaris
Bidens biternata Merrill. & Sherff.
Berreria ruelliae (D C) K. Shum.
Brassica oleracea L. var. botrytis
" " var. gemmifera
Bromus inermis Reyss.
Calendula sP.
Celosia sp.
Cereus sp.
Chenopodium sp.
Chloris ~~nx~~ gayana (Kunth.)
Citrullus vulgaris Schrad.
Cleome monophylla L.
Coleus (barbatus Benth. ?)
Cucumis melo. var. reticulatus Naud.
" sativus L.
Cucurbita pepo L.
Cyphomandra betacea Sendt.
Daucus carota L. ssp. sativus
Delphinium sp.
Dianthus caryophyllus L.
Digitaria smutsii Stent.
Dimorphotheca pluvialis Moench.
Eleusine indica (L.) Gaernt.
" tef (Zucc.) Trotter
(Ehrarta panicea
~~Eragrostis tef (Zucc.) Trotter~~
Galinsoga parviflora Cav.
Glycine hispida Max.
" javanica L.
" soja Sieb. & Zucc.
Helianthus annuus L.
Hibiscus cannabinus L.
" esculentus L.
" sebdariffa L.

Hordeum vulgare L.
Impatiens balsamina L.
Iris sp.
Lathyrus odoratus L.
Lespedeza stipulatea Maxim
" strata Hook.
Linum usitatissimum L.
Lobelia erinus L.
Lupinus sp.
Lycopersicon esculentum Mill.
" peruvianum (L.) Mill.
Mammillaria sp.
Medicago sativa L.
Nerium oleander L.
Nicandra physaloides Gaertn.
Nicotiana glutinosa L.
" sylvestris Speg. & Comes
" tabacum L.
" " x glauca Grah.
Olea europea L.
Oryza sativa L.
Passiflora edulis Sims.
Pastinaca sativa L.
Petroselinum crispum (Mill.) Airy-Shaw
Petunia hybrida Vilm.
Phalaris tuberosa L.
Phaseolus coccineus L.
" lunatus L. var. macrocarpus
" vulgaris L.
Pisum sativum L.
Portulaca oleracea L.
Prunus amygdalus Batsch. var. amara
" persica (L.) Batsch. var. Lovell
" " var. Shalil
" " var. Yunnan
Raphanus sativus L.
Ricinus communis L.
Saccharum officinarum L.
Salvia sp.
Secale cereale L.
Setaria sphacelata (Schumach.) Stapf.
Solanum melongena L.
" nigrum L.
" tuberosum L.
Sorghum alnum L.
" vulgare Pers.
Spinacia oleracea L.
Stizolobium deeringianum Bort.
Steptosolen sp.
Triticum vulgare Vill.
" aestivum L.
Vicia faba L.
Vigna catjang Walp.
Vitis vinifera L.
Zea mays L.

B/ Plantes non hôtes

Ambrosia artemisiifolia L.
Arachis hypogaea L.
Capsicum annuum L.
" frutescens L
Crotalaria incana L.
" longirostrata Hook.& Arn.
" mucronata Desv.
~~nubica Benth.~~
" nubica Benth.
" spectabilis Roth.
Cucumis anguria L.
Eragrostis curvula (Schrad.) Nees. , ~~Erak~~ Ermelo strain
" lehmanniana Nees.
Fragaria ananassa Duch.
" vesca L.
Gossipium hirsutum (L.) Merr.
Ipomoea batatas (L.) Lam.
Panicum maximum Jacq.
Pelargonium sp.
Pennisetum glaucum (L.)
Rhododendron sp.
Strophantus sarmentosus D.C.

Nota: pour les plantes hôtes de Meloidogyne javanica ne sont pas signalées dans cette liste les plantes rencontrées pour la première fois parasitées par cette espèce, au cours du présent travail.
