

tion du biuret, de Milon, etc. Il est facile, en particulier dans le Lupin, d'établir une analogie complète entre le contenu des méats intercellulaires et l'aleurone dissoute qui remplit les cellules ayant déjà subi l'influence de l'imbibition. Il est à remarquer que la progression vers l'intérieur de la substance intercellulaire est parallèle à celle de l'imbibition et paraît en être la conséquence.

Comment se fait le passage de cette aleurone des cellules dans les méats ? Nous n'avons jamais observé de communication directe, et nous devons admettre jusqu'ici que, sous l'action de la turgescence due à l'arrivée de l'eau et à la dissolution des matières protéiques, une partie de celles-ci traverse osmotiquement la membrane pour passer dans les méats, comme cela a lieu pour l'eau sous l'action d'une forte gelée. Du reste, cette analogie va plus loin ; car si la graine gonflée vient à se dessécher, les méats se vidant et sont de nouveau remplis d'air. La substance protéique n'y réapparaît qu'à un nouveau gonflement.

On pourrait objecter que la présence de ces substances albuminoïdes dans les méats n'est qu'apparente, et que c'est pendant les manipulations qu'elles y pénètrent par capillarité. Mais si on a soin de traiter les cotylédons à étudier par des fixateurs convenables, on reconnaît que les canaux intercellulaires sont bien réellement remplis de matières protéiques avant que le rasoir ait ouvert ces canaux aux liquides environnants. Le réactif qui nous a donné les meilleurs résultats est le liquide de Flemming. Les fixateurs alcooliques ne sont utilisables que pour des portions de graines de volume restreint. Si le cotylédon en entier est soumis à l'action de l'alcool, il se produit une déshydratation avant la précipitation d'albuminoïdes et, comme dans les graines qui se dessèchent, les méats se vidant de leur contenu. Au contraire, si la faible dimension de l'objet à étudier permet la pénétration totale presque immédiate de l'alcool, la matière protéique est précipitée à l'intérieur même des canaux qu'elle occupe.

Il semble donc certain que, dès le début de la germination chez les Légumineuses, l'aleurone dissoute se répand par osmose dans les méats intercellulaires des cotylédons. Ces méats, qui sont de véritables canaux, auraient une *fonction conductrice*, comme cela a lieu d'ailleurs chez d'autres plantes, pour la sécrétion de latex, d'essences ou de résines.

ÉTUDES

sur les

MYCORRHIZES ENDOTROPHES

par I. GALLAUD (Suisse).

(Planches I à IV).

CHAPITRE IV

DE LA PLACE SYSTÉMATIQUE DES CHAMPIGNONS ENDOPHYTES

Il y aurait le plus grand intérêt à connaître exactement à quel groupe appartiennent les champignons endophytes, à les isoler, et à les obtenir en culture pure. On aurait alors pour établir la classification des mycorrhizes que j'ai essayé de faire dans le chapitre I un fondement très solide et à l'abri de toute critique. On pourrait alors aborder aussi l'étude expérimentale de l'infection des racines par ces champignons et tenter la vérification directe des nombreuses théories auxquelles a donné lieu le problème de leur vie en commun. Beaucoup de botanistes ont cherché à identifier les endophytes avec des champignons connus et quelques-uns ont cru pouvoir donner une solution de la question. J'ai déjà montré dans deux notes préliminaires (V. l'index bibliographique) que jusqu'à ces derniers temps aucun d'eux n'avait réellement obtenu le véritable endophyte. Tout récemment cependant N. Bernard (03,04) a fait connaître le résultat de ses nouvelles recherches sur la nature de l'endophyte des Orchidées et il a isolé un Hyphomycète qui semble bien produire l'infection de ce groupe de plantes à mycorrhizes.

Pour ma part, j'ai aussi tenté d'isoler les champignons qui habitent les différents groupes de plantes infestées que j'ai étudiées. Bien que ces recherches ne m'aient encore pas donné de résultats

positifs elles m'ont permis d'établir un certain nombre de faits intéressants relatifs à la flore mycélienne qui habite la surface des racines et le sol où elles vivent. J'ai pu aussi grâce à elles faire la critique des identifications d'endophytes antérieures. Ces résultats partiels pourront être utiles pour la résolution du problème posé. C'est pourquoi je les exposerai ici.

Il y a peu d'indications à tirer de l'étude morphologique et cytologique des champignons endophytes au point de vue de la détermination du groupe auquel ils appartiennent. La classification des champignons repose tout entière sur les organes reproducteurs qui manquent d'une façon absolument constante dans les mycorhizes. Nous avons vu toutefois que la nature chimique des membranes des endophytes les rapprochent des Ascomycètes comme aussi la structure de leurs noyaux. Mais c'est là une simple présomption qui ne peut être considérée comme preuve et qui doit simplement servir de guide dans la recherche expérimentale de l'isolement du champignon.

J'ai suivi deux méthodes différentes dans la poursuite de ce dernier but. J'ai essayé d'une part d'isoler le champignon en partant des racines infestées prises dans la nature et d'autre part de reproduire les particularités caractéristiques des endophytes en infestant artificiellement des racines développées à l'abri de toute infection avec des champignons obtenus par la première méthode. J'ai pris de préférence ceux qui me paraissaient être la forme libre de l'endophyte.

A. MÉTHODE PAR EXTRACTION DIRECTE. — La première de ces méthodes a été signalée par Wahrlich (86) et employée avec quelques perfectionnements par tous ceux qui ont cherché après lui à obtenir l'endophyte. Elle consiste à abandonner en milieu humide des fragments ou des coupes de racines infestées, débarrassées autant que possible des organismes étrangers par un lavage à l'eau bouillie et à recueillir les champignons qui ne tardent pas à se montrer à la surface. La critique principale que l'on peut faire à cette manière d'opérer est qu'on n'est jamais sûr de l'asepsie de l'extérieur des racines. On a essayé de remédier à cet inconvénient par des lavages au sublimé mais il est difficile de limiter exactement l'action de cet antiseptique : ou bien il n'atteint pas toutes les

spores logées dans les nombreuses cavités de la surface des racines ; ou bien il tue les racines elles-mêmes et aussi les champignons qu'elles contiennent et qui deviennent ainsi incapables d'aucun développement.

C'est par cette méthode défectueuse que beaucoup d'auteurs ont cru pouvoir établir l'identité des endophytes avec des formes libres déjà connues. En particulier, Reisseck (46) et Warlich (86) pour les Orchidées, et dans un premier travail, N. Bernard (01) pour beaucoup d'Orchidées, la Ficaire, la Pomme de terre, ont obtenu des formes *Fusarium* se rattachant par leur périthèce aux *Nectria* et aux *Hymenoglyphes*. Ils fondent leur opinion sur le fait que cette méthode donne toujours et à coup sûr un mycélium à spores *Fusarium*. De la constance de ce résultat, ils concluent à l'identité avec la forme qui produit l'infection.

J'ai appliqué cette méthode d'isolement à la plupart des racines que j'ai étudiées dans le chapitre premier, et de presque toutes j'ai pu aussi retirer des *Fusarium*. Mais une étude attentive des conditions d'extraction et aussi des propriétés générales des *Fusarium* m'a montré qu'il fallait considérer ces champignons, non comme les endophytes vrais, mais comme de simples saprophytes n'ayant aucun rapport avec eux. J'ai pu en effet par cette même méthode obtenir des *Fusarium* à partir de racines non infestées, à partir de rhizomes et de tiges aériennes, d'écorces d'arbres, de bois mort, d'objets les plus variés de provenances diverses, et toujours avec la même constance que lorsqu'il s'agissait de racines infestées. Ces expériences prouvent que les *Fusarium* sont des formes très répandues dans la nature, aussi ubiquistes que les Mucédinées ou les Mucorinées les plus communes. D'autre part leurs spores germent très vite et le mycélium qui en résulte se développe dans les cultures avec une rapidité et une puissance extraordinaires. Ce mycélium arrête ou masque le développement de tous les autres champignons qui peuvent se trouver avec lui, et c'est ce qui explique la grande constance avec laquelle on l'obtient dans les extractions faites de la façon que j'ai indiquée.

Mais, si on attend assez longtemps, les mêmes cultures ayant donné le *Fusarium* donnent aussi de nombreuses Mucédinées ou Mucorinées qui prouvent que la surface des racines avait été mal aseptisée et que la présence constante des *Fusarium* dans les cultu-

res n'a aucune valeur comme preuve de leur existence à l'intérieur des racines. Il faut donc considérer ces derniers comme des formes banales, saprophytes au même titre que les autres formes filamenteuses auxquelles ils sont mélangés.

D'ailleurs tout ce qu'on sait des *Fusarium* montre bien que tel est leur rôle dans la nature. Il serait trop long de rappeler les nombreux cas où on a signalé leur présence comme tels. De même on leur attribue et, avec raison, beaucoup de maladies constatées chez les végétaux. J'ai moi-même montré en collaboration avec M. Costantin, qu'ils jouent un rôle dans la maladie qui sévit à l'Équateur sur les fruits du Cacoyer (V. Index bibliographique). Parmi tous les cas connus où un *Fusarium* pénètre dans une plante il n'est pas possible d'en relever un seul où il affecte la forme caractéristique d'un endophyte. Tout nous porte donc à croire que les *Fusarium* ne peuvent être la forme libre des endophytes. Les essais d'inoculation que j'exposerai plus loin viendront d'ailleurs confirmer cette opinion.

Ces essais d'extraction à partir des racines, poursuivis pendant près de deux ans, m'ont fourni, à défaut de l'endophyte lui-même, un grand nombre de champignons filamenteux que j'ai isolés pour la plupart en culture pure. Quelques-uns d'entre eux se rencontrent sur les racines sinon presque aussi souvent que les formes *Fusarium* du moins très fréquemment. Ils me paraissent faire partie au même titre que ces derniers de la flore saprophyte pour ainsi dire normale qu'on rencontre à la surface des racines. Un grand nombre d'autres sont moins fréquents et leur présence accidentelle n'est nullement caractéristique de la flore du sol.

Mes recherches ont porté sur treize-cinq espèces de plantes appartenant aux groupes les plus variés et pour quelques-unes d'entre elles (*Arum*, *Sequoia*, *Neotia*, *Limodorum*, *Paris*) j'ai fait un très grand nombre de cultures avec des racines prises en des endroits différents. J'ai obtenu d'une façon presque constante des formes *Fusarium* (caractérisés par leurs spores et leurs chlamydo-pores) pour trente d'entre elles, et d'une façon beaucoup plus irrégulière pour quatre autres plantes qui sont *Viola sylvestris*, *Sequoia gigantea*, *Tamus communis*, *Allium Ursinum*. Enfin du *Paris quadrifolia* seul je n'ai jamais retiré de *Fusarium* malgré le grand nombre de cultures faites.

Les formes qui, avec le *Fusarium*, paraissent être les plus fréquentes sont les *Mortierella* et les *Mucor* qu'on rencontre presque toujours, les *Trichoderma*, en particulier le *Trichoderma viridis*, les *Gliocladium*, les *Cephalosporium*. Ces résultats concordent assez bien avec ceux que Oudemans et Koning (02) ont publiés sur la constitution de la flore de l'humus. Ils signalent aussi comme présents partout et constamment des *Mucors*, des *Mortierella*, des *Trichoderma* et des *Cephalosporium*. Il est à remarquer qu'ils ne mentionnent pas l'abondance des *Fusarium* qui cependant me semblent être la Mucédinée la plus répandue sur les racines et dans le sol qui les environne. Il est fort possible que les *Fusarium*, très communs dans le sol des prairies et des champs, soient plus rares dans l'humus des forêts. Leur absence sur le *Paris* et leur rareté sur l'*Alli* des ours, le *Viola sylvestris* et le *Sequoia* qui sont des plantes sylvestres concordent avec cette hypothèse.

À côté des Mucédinées précédentes, on en rencontre aussi, mais moins fréquemment, quelques autres qui sont d'ailleurs très répandues partout. Ce sont les *Alternaria* sur le *Paris* et le *Limodorum*, l'*Acrostolagnus cinnabarinus* sur l'*Adara*, l'*Arthrobotrys* sur le *Limodorum*. Je citerai enfin un champignon humicole assez rare, que Petri (03) a trouvé sur le *Podocarpus* et que j'ai moi-même rencontré sur un *Aracaria* et un *Erythrina indica* cultivés dans les serres du Muséum ainsi que sur des racines de *Limodorum*. C'est un *Thielaviopsis* qui me paraît identique à celui décrit par Petri qui lui attribue un rôle dans l'infection.

Toutes ces formes sont évidemment des saprophytes et quelques-unes même des parasites facultatifs ; la plupart sont très-répandues. Il est à présumer que les endophytes vrais le sont beaucoup moins et que dans leur vie libre ils ne peuvent s'adapter comme les précédents à des conditions très variées. Dans la nature, ils ne doivent exister qu'en certains endroits assez localisés où ils peuvent se propager et vivre à l'état libre. Ce qui semble le prouver c'est que les plantes d'une même espèce qui sont tantôt infestées tantôt dépourvues d'endophytes sont justement parmi les plantes les plus ubiquistes et les plus répandues. J'en ai cité un grand nombre dans le premier chapitre. Au contraire, celles qui sont toujours infestées, celles pour qui l'infection paraît être une nécessité, sont étroitement localisées ; c'est le cas des Orchidées, des Ophioglosses.

J'ai pu aussi m'assurer par l'expérience que les endophytes libres ne sont pas très répandus, tout au moins qu'ils ne sont pas aussi ubiquistes que les Mucédinées dont j'ai parlé plus haut. Des tubercules d'*Arum Arisarum*, récoltés en Espagne dans une station où tous les pieds examinés avaient leurs racines infestées ont été plantés pendant leur période de repos dans de la terre de bruyère. Conservés en serre à Paris, ils se sont bien développés et ont donné des feuilles et des fleurs pendant deux années. Mais les racines, examinées avec soin chaque année, se sont montrées dépourvues d'endophytes. Au reste, ces plantes semblaient ne différer en rien de celles que j'avais vues en place en Espagne, sauf par une tendance à l'étiollement, due sans doute à la lumière affaiblie de la serre.

J'ai fait la même expérience avec l'*Arum maculatum* et l'*Enyalmion nutans*. Comme je l'ai dit, on trouve ces plantes tantôt infestées, tantôt sans mycorhizes dans la nature. Plusieurs tubercules et bulbes de chacunes d'elles portant des racines dont j'ai vérifié l'infection, ont été plantés dans le jardin botanique de l'École Normale supérieure après ablation de ces racines. L'année suivante, les racines qu'ils ont données ne renfermaient pas d'endophytes. D'ailleurs j'ai constaté que, dans ce jardin formé de terre rapportée, beaucoup de plantes, qui y vivent et y prospèrent depuis de nombreuses années déjà et dont plusieurs sont infestées dans la nature, n'ont pas d'endophytes.

Enfin, grâce à l'obligeance de M. Costantin, professeur de culture au Muséum, j'ai pu également étudier les racines d'un grand nombre de plantes tropicales que Janse a trouvées infestées dans la forêt vierge de Tjibodas. Ces plantes proviennent pour la plupart de semis faits dans les serres mêmes ou de boutures de tige, ce qui empêche la propagation des endophytes de l'individu souche. En fait, sur trente plantes examinées, sept seulement avaient des endophytes.

En présence de tous ces résultats concordants il nous est permis de conclure que les racines ne trouvent pas toujours et partout les endophytes qui leur conviennent et que les formes libres de ces endophytes sans être très-rares dans la nature sont toujours assez étroitement localisées.

Nous avons vu que la méthode d'extraction directe de Wahrlich

ne donne aucun résultat pour l'obtention des endophytes. J'ai essayé d'autres méthodes d'extraction qui permettent une vérification précise de l'identité des formes obtenues. Elle consiste à mettre en cellules de Van Tieghem sur des milieux nutritifs variés des coupes fines de racines infestées qu'on peut observer au microscope. J'ai opéré sur des racines d'*Arum maculatum*, de *Sequoia*, de *Viola*, de *Neottia* et de *Limodorum*. Un grand nombre de ces coupes sont restées stériles pendant longtemps, quelques-unes pendant plusieurs semaines, mais dans aucune d'entr'elles, je n'ai pu voir le mycélium interne se développer, ni même subir aucun changement. Les filaments produits portaient tous de la surface et donnaient des spores appartenant à des Mucédinées banales.

Dans une autre série d'expériences faites sur le *Neottia* et le *Limodorum*, j'ai pu me mettre à l'abri des inconvénients qui résultent de la présence des spores étrangères ou des bactéries de la surface des racines et opérer d'une façon entièrement aseptique sans léser les champignons internes par l'emploi d'antiseptiques. Grâce à la méthode imaginée par Matruchot et Mollard (63) dans leurs études sur la fermentation propre, j'ai pu retirer facilement des grosses racines et des rhizomes de *Neottia* et de *Limodorum*, des fragments assez volumineux de tissus vivants, ne renfermant que des endophytes. Ces fragments, transportés avec les précautions nécessaires, sur des milieux variés (carotte, pomme de terre, gélose au sucre, au salep, etc...), bouillies avec extraits de racines de *Neottia* et de *Limodorum*) sont restés vivants pendant longtemps ainsi qu'en témoigne leur turgescence. A aucun moment, cependant, je n'ai pu constater de changements dans leurs endophytes, ni voir apparaître aucun mycélium à leur surface.

Les endophytes d'*Arum* et de *Viola*, qui dans la nature se développent rapidement et qui cependant dans les expériences précédentes sont restés tout à fait inertes, montrent qu'il ne faut pas seulement invoquer pour expliquer ce résultat la lenteur du développement des endophytes du *Neottia* et du *Limodorum*. Ce que nous connaissons de la vie du champignon à l'intérieur des racines nous permet de nous rendre compte de ce que nous observons ici. Nous avons vu que le champignon à mesure qu'il avance dans la racine est digéré au moins dans ses parties jeunes qui sont transformées en sporangioles ou corps de dégénérescence, organes

utilisé cette propriété pour avoir des portions de thalle de *Morchantia* et de *Fegatella* sans endophytes, sinon sans bactéries. Séparés du reste de la plante, ces fragments ont été placés sur du coton humide stérilisé à l'autoclave; ils s'y sont bien développés et j'ai pu vérifier qu'ils ne renfermaient pas d'endophytes. J'ai alors commencé sur leurs poils rhizoïdes des spores de *Fusarium* retirés des plantes mêmes qui avaient donné les fragments soumis à l'expérience. Au bout de quelques jours, beaucoup de poils étaient envahis, et quelques-uns même renfermaient des spores de *Fusarium* et des chlamydospores; mais tous ces poils étaient des poils vides ne renfermant pas de protoplasma et présentant à leur intérieur de nombreuses bactéries. Au contraire, tous les poils sains étaient exempts de filaments mycéliens. Quelques-uns de ces filaments infestants pénétraient dans le thalle, mais aucun d'eux n'y donnait les vésicules, les pelotons et les sporangioles caractéristiques des véritables endophytes des *Fegatella* et des *Morchantia*. Ils continuaient leur chemin en ligne droite traversant directement les cellules sans s'y arrêter, comme font les purs saprophytes dans les tissus meurtris et altérés qu'ils envahissent.

J'ai réalisé de la même façon des infestions artificielles de voiles d'Orchidées. J'ai déjà indiqué dans le chapitre précédent, à propos des cellules de passage, les expériences faites sur le *Cypripedium barbatum* avec un *Fusarium*. Dans ces expériences, j'ai obtenu à plusieurs reprises la formation de chlamydospores et de spores *Fusarium* à l'intérieur même des cellules du voile. Dans la nature où les *Fusarium* sont très abondants de semblables infestions secondaires de champignons saprophytes sont fréquentes. J'en ai observé en particulier dans le *Dendrobium Pierardi* où j'ai constaté la présence de chlamydospores dans le voile. C'est sans doute à des infections de ce genre qu'il faut attribuer la présence des chlamydospores dans les tissus de différentes Orchidées où ils ont été signalés par Wahrlich, Vuillemin, Chodat et Lender.

Enfin, il ne me semble pas non plus que l'on puisse attribuer à un *Thielaviopsis* l'infection des *Podocarpus* comme le pense L. Petri (33). Des coupes de racines de *Podocarpus* variés lui ont donné en culture sur gélatine ou sur gélose un champignon qui est une nouvelle espèce de *Thielaviopsis*. En culture profonde sur gélose, le

champignon donne des organes que Petri rapproche des sporangioles ou sporangioles.

J'ai moi-même trouvé à l'intérieur des racines d'*Aruncaria excelsa* et d'*Erythrina indica* des macroconidies analogues à celles que décrit Petri. Les spores situées dans des cellules profondes de l'écorce sont entourées des hyphes qui les ont produites, mais ici, le champignon n'a aucun des caractères morphologiques des endophytes. Il est simplement parasite comme le prouvent la présence des spores, toujours absentes à l'intérieur des tissus pour les vrais endophytes, et aussi l'aspect des racines évidemment malades, brisées et renfermant des nématodes. D'un autre côté j'ai obtenu en culture pure, à partir des racines du *Limodorum abortivum* un champignon qui se caractérise aussi comme le *Thielaviopsis Podocarpi* de Petri, par ses macroconidies articulées, brunes et ses microconidies endogènes. En culture profonde sur gélose il n'a jamais rien donné rappelant les prospéroïdes. De plus, avec ce champignon j'ai pu infester des Pois et des Lupins ayant poussé aseptiquement en vases stériles. Il a rapidement pénétré dans les racines des jeunes plantules mais il n'y a jamais reproduit aucun des caractères propres aux endophytes. Les racines attaquées ont bientôt noirci et les plantules très-vigoureuses au début n'ont pas tardé à mourir, reproduisant ainsi tous les caractères de la maladie du *Senecio elegans*, des Pois et des Lupins, causée comme on sait par le *Thielavia basicola* de Zopf (91).

En résumé, les recherches expérimentales sur la nature des endophytes exposées dans ce chapitre ont montré qu'il est impossible d'attirer l'endophyte par extraction directe hors des racines infestées, et ont donné des indications sur la flore mycélienne vivant habituellement à leur surface.

Les essais d'inoculation de champignons connus ont également montré que la plupart de ceux auxquels on avait attribué l'infection, en particulier les *Fusarium*, ne sont pas les véritables endophytes. Seul N. Bernard est parvenu à isoler récemment et à inoculer à des graines un champignon qui paraît bien être l'endophyte commun à toutes les Orchidées. Pour les autres séries d'endophytes, le problème subsiste entier, et les formes libres reproductrices sont encore à trouver.

(À suivre).

morts et inertes. La transformation est souvent très rapide et, en particulier dans les Orchidées, on peut voir des corps de dégénérescence très nets dans le début de l'infection d'un embryon réduit encore à quelques cellules. Seules les hypbes les plus jeunes, attirées par les sécrétions des cellules vivantes non encore occupées, continuent la propagation du champignon. Mais nous avons vu que leur croissance est toujours centripète et que, contrairement à l'opinion de Marcuse (02) les filaments ne sortent jamais des racines.

Il ne semble donc pas qu'on puisse attirer facilement le champignon hors des tissus qu'il occupe, surtout hors des tissus déjà bien développés. Il faudrait lui offrir un milieu nutritif comparable à celui qu'il trouve dans les cellules, entreprise difficile qui doit faire rejeter à priori la méthode par extraction pour obtenir la forme libre des endophytes.

B. MÉTHODE PAR INOCULATION. — La méthode inverse, par inoculation de formes libres déjà connues et isolées, paraît préférable. Le fait que les endophytes pénètrent de l'extérieur dans les racines montre qu'ils peuvent mener quelque temps une vie libre et qu'ils trouvent dans la terre des conditions spéciales où ils peuvent croître et sans doute aussi se multiplier. La réalisation artificielle de ces conditions est plus abordable que celle des conditions de la vie intracellulaire. Il ne reste plus alors qu'à vérifier qu'on a bien le véritable endophyte en l'inoculant à une racine qu'on trans-
forme ainsi en mycorhize par une sorte de synthèse.

C'est de cette façon qu'a procédé N. Bernard (03,04). Dans une note récente, il montre que le véritable endophyte des Orchidées est une Mucédinée oosporee. Ayant retiré, à partir de cultures de jeunes embryons de *Catleya*, un champignon vivant sur la gélose au salep, il obtient à volonté par son intermédiaire la germination de graines d'Orchidées variées. Or on sait par ses travaux antérieurs que cette germination ne peut se produire que par la pénétration de l'endophyte dans l'embryon indifférencié. Ce champignon y prend nettement les caractères des endophytes des Orchidées et forme des Pilzwirtzellen et des Verdauungszellen.

Pour ma part j'ai tenté de nombreuses infections sur des racines de plantes ayant poussé aseptiquement à partir de graines stériles. Le choix des plantes sur lesquelles on peut ainsi expérimentier est

assez restreint par suite de la difficulté d'obtenir des graines de plantes infestées qui soient d'une part stériles, et qui d'autre part puissent germer. Beaucoup de graines de petite taille sont tuées par le sublimé avant d'être stérilisées et en outre un grand nombre d'entr'elles sont incapables de germination. Je signalerai à cause de leur stérilisation et germination faciles les graines d'Asperges et de *Scilla autumnalis*. De même les bulbes tuiqués, à écailles très serrées, comme ceux de certains Ails et des *Muscari*, sont souvent stériles à leur intérieur et donnent des plantes entièrement aseptiques, après stérilisation de leur surface au sublimé et décoration des tuniques externes.

Ces essais ne m'ont pas donné jusqu'à présent des résultats positifs pour la détermination des endophytes, mais certains d'entr'eux m'ont permis de faire le contrôle expérimental des opinions de mes prédécesseurs sur la question. C'est à ce titre que je les expose ici.

En particulier, pour la question des *Fusarium* considérés comme les endophytes d'un grand nombre de mycorhizes, mes recherches ont confirmé les conclusions que j'ai déjà établies précédemment. Des plantules aseptiques d'Asperge, de *Scilla*, d'*Allium Moly*, de *Muscari*, infestées par le *Fusarium* correspondant, n'ont pas donné de mycorhizes. Le champignon ensemencé s'est développé uniquement à leur surface tant que les plantes sont restées vigoureuses. Quand elles ont été affaiblies par suite des conditions un peu particulières de leur vie dans un espace clos et dans un milieu différent de celui où elles se développent d'ordinaire, le champignon a pénétré alors indistinctement dans tous les tissus de la plante, mais à la façon d'un saprophyte ordinaire en les désorganisant. Il n'a jamais présenté aucun des caractères bien spéciaux des endophytes. Pas plus que pour les Orchidées les *Fusarium* ne sauraient donc être considérés comme la forme libre correspondant aux endophytes simples des Liliacées.

Il en est de même pour l'endophyte des Hépatiques que Beauverie (02) regarde comme un *Fusarium*. On sait que les Hépatiques, poussant à l'air humide dans une lumière affaiblie, deviennent positivement phototropiques et redressent verticalement les extrémités de leur thalle, dont les poils rhizoïdes ne touchent plus le substratum. Ces portions redressées ne sont jamais infestées. J'ai