

à présent dans le travail et l'effort. C'est par l'observance des règles d'une stricte discipline que se forment les vrais caractères.

Puissiez-vous donc, au seuil de cette année académique, vous sentir fermement résolu à vous donner de tout cœur à l'étude. Vous poserez ainsi les jalons de la voie qui vous conduira au succès et vous contribuerez, avec le dévouement et la science de vos maîtres, à conserver à notre cher Institut l'éclat dont s'orne sa renommée.

Le Problème de l'Immunité en Pathologie végétale

Par le professeur É. MARCHAL,
Membre de l'Académie des Sciences de Belgique
Membre correspondant de l'Académie des Sciences de Paris.

En cette séance académique, au cours de laquelle, il est de tradition qu'un professeur de l'Institut expose une question empruntée au domaine de la Science qui fait plus particulièrement l'objet de ses préoccupations didactiques ou de ses recherches personnelles, j'envierai devant vous le problème de l'Immunité en Pathologie végétale.

Tandis que, dans le domaine zoologique, le problème de l'Immunité a donné lieu, depuis le début de ce siècle surtout, à un courant d'idées et à un mouvement de recherches extrêmement intense, on n'a, en comparaison, que très peu progressé dans celui de la Phytopathologie.

La raison en est, à coup sûr, qu'en Pathologie animale, la Thérapeutique a trouvé de suite, dans les résultats des recherches immunologiques, matière à de brillantes et fécondes applications qui contribuent aujourd'hui puissamment à la sauvegarde de la vie humaine.

L'étude de l'immunité végétale, elle, n'a pas bénéficié de l'influence fécondante d'un tel stimulant d'ordre sentimental.

Cependant l'intérêt scientifique du problème est équivalent dans les deux domaines et l'on peut même dire qu'au point de vue de la Biologie générale, l'aspect botanique de la question, comme cela s'est manifesté si souvent dans l'histoire de la Science, est de nature à éclairer très utilement le chercheur.

Quoiqu'il en soit, tâchons de dégager, d'une littérature déjà touffue, l'état actuel de la question.

Avec cette réserve essentielle que les phénomènes de l'ordre de ceux que nous allons envisager, de même que tous les éléments de l'étude d'un processus physiologique, ne se prêtent à aucune classification rigoureuse, puisque classer c'est séparer et considérer isolément des choses et des faits qui en réalité se superposent et se compénètrent intimement, cette réserve faite, nous allons, si vous le voulez bien, examiner parmi les réactions de protection des plantes vis-à-vis de leurs parasites, successivement les manifestations d'une immunité active, résultant d'une intervention dynamique directe ou indirecte des éléments vivants dans la défense de l'organisme et ensuite les manifestations d'une immunité passive, correspondant à un état statique, latent de résistance.

En abordant l'examen des mécanismes d'autoprotection chez les plantes, on se trouve irrésistiblement et tout naturellement amené à se demander si les réactions histologiques et humorales auxquelles l'organisme animal doit avant tout, une résistance parfois victorieuse à l'infection, ne possèdent pas leurs homologues chez les végétaux.

Les esprits que hante le dogme de l'universalité des réactions fondamentales de la matière vivante, sont très disposés à admettre *a priori* cette manière de voir.

C'est ainsi que, dans un ouvrage récent, d'ailleurs fort remarquable, intitulé « Immunità nella Pianta », deux biologistes italiens, CARBONE et ARNAUDI, défendent laborieusement cette idée que « l'Immunité est une manifestation propre à tout ce qui vit et qu'elle s'exerce par l'intermédiaire de mécanismes sinon identiques, tout au moins très semblables dans les deux règnes.

Depuis, la même thèse a été défendue, notamment en France, par NOBÉCOURT et, non sans toutefois d'importantes réserves, par DUFRENOY ainsi qu'aux États-Unis, par DE TOMASI.

Sans vouloir contester la valeur de certaines observations et faits expérimentaux apportés par ces auteurs, je ne puis me défendre de l'impression que les bases de leur raisonnement sont encore bien fragiles et insuffisantes pour emporter la conviction.

M'est avis, d'ailleurs, que le concept zoocentrique a nui au progrès de l'immunologie végétale en écartant les chercheurs de l'étude des mécanismes de protection très spéciaux qu'impose au végétal sa constitution anatomique et ses particularités physiologiques.

Au surplus, demandons-nous, en toute objectivité si, en Pathologie végétale, dans l'étude des rapports existant entre les champignons parasites et les plantes qui les hébergent on a observé des faits qui font songer à une action phagocytaire ou à un mécanisme analogue.

On découvre ainsi qu'il n'existe qu'un groupe de manifestations que l'on puisse réellement qualifier de phénomènes de « mycolyse » ou de « mycophagie » et encore les trouve-t-on dans un domaine qui est à la frontière du parasitisme, celui de la symbiose mutualiste.

C'est le cas des mycorhizes endotrophes que l'on rencontre chez beaucoup de Vacciniées, Ericacées et surtout chez les Orchidées et où

l'on constate que les pelotons de filaments qui remplissent de leur contenu certaines cellules du parenchyme cortical des racines, lorsqu'ils se sont gorgés de réserves, par suite du drainage qu'opère dans l'humus ambiant le mycélium externe du champignon, sont, à un moment donné, digérés par les cellules hospitalières.

Dans quelques cas de parasitisme vrai, on peut voir aussi des filaments mycéliens être l'objet, au contact des tissus hospitaliers, d'actions inhibitrices, qui en limitent les progrès, voire même d'actions lytiques qui en amènent la disparition.

Mais ces actions restent toujours imprécises et tout à fait locales, ce qui n'est guère favorable à l'idée d'une production de la part du champignon, de toxines, et de la part de l'hôte de produits de défense : antitoxines, anticorps, c'est-à-dire d'un mécanisme d'autoprotection, comparable à celui des animaux supérieurs.

Dans le cas où il y aurait lieu d'envisager l'existence de tels produits de défense, on serait amené à admettre qu'ils diffèrent essentiellement de ceux qui interviennent en immunologie animale.

C'est ce qui résulte notamment des recherches du biologiste français DUFRENOY, lequel attribue l'immunité locale qu'opposent certains tissus végétaux à l'infection, à l'accumulation dans les cellules, de produits phénoliques, résultant d'une déviation du métabolisme normal, due à l'action du parasite.

Même les agglutinines dont la présence paraît fréquente dans les tissus végétaux vivants et qui pourraient être amenées à jouer un rôle défensif, se distingueraient nettement des agglutinines zoo-immunitaires par une série de propriétés et notamment par leur thermolabilité, si nous en croyons le microbiologiste italien VISCO.

Peu différente de la théorie des toxines et des antitoxines, est celle de KLOTZ, d'après laquelle les tissus qui se montrent réfractaires à l'infection doivent leur victoire au fait que les sucs cellulaires des plantes supérieures sont, dans certains cas, susceptibles d'inhiber les zymases des champignons, privant ceux-ci des instruments indispensables à leur nutrition.

Ce qui rend assez fragile l'hypothèse de l'existence d'une action phagocytaire des cellules végétales à l'égard des parasites, c'est la nature des moyens d'attaque de ceux-ci.

Il semble résulter notamment des observations de BROWN et de HARVEY que la pénétration des parasites, lorsqu'elle se fait à travers les membranes cellulaires, est plutôt mécanique que dissolvante et que le chimiotaxisme ne joue dans le phénomène qu'un rôle secondaire.

Ce qui paraît certain, c'est qu'en admettant même que certains champignons parasites produisent des toxines, celles-ci ne diffusent guère en dehors des filaments.

Les recherches de PICADO sur divers *Verticillium* et *Fusarium* parasites et celles, plus récentes de MERCURI sur *Dematophora necatrix*, un ennemi de la Vigne, sont très nettes dans leurs conclusions à cet égard.

Si des réactions cellulaires assimilables aux phénomènes de phagocytose ne semblent exister chez les végétaux que d'une façon très restreinte et peu caractéristique, on y observe en revanche des formes particulières d'autoprotection qui jouent un rôle important dans l'étiologie de beaucoup de maladies cryptogamiques.

De ce nombre, sont les phénomènes de cicatrisation et spécialement la production de tissus subéreux.

On sait que, chez les plantes, le liège, élément remarquable par son imperméabilité, représente le tissu protecteur par excellence; il se produit chaque fois que des tissus vivants blessés se trouvent placés au contact de l'air.

Le tissu subéreux peut apparaître, d'autre part, à la suite d'une infection par un parasite et constituer ainsi une barrière plus ou moins efficace contre l'extension d'un organisme envahisseur.

C'est ainsi que les pustules subéreuses si caractéristiques de la Gale ordinaire de la Pomme de terre constituent des réponses du tissu subérogène vis-à-vis de l'attaque d'une bactérie : *Actinomyces Scabies*.

Dans une affection similaire, mais beaucoup plus rare chez nous, déterminée par un myxomycète : *Spongospora Solani*, les pustules subéreuses entament la chair des tubercules beaucoup plus profondément. C'est d'ailleurs ce que l'on a appelé la Gale profonde de la Pomme de terre.

Une prolifération protectrice apparaît encore dans ce qu'en Pathologie végétale on désigne sous le nom de « chancres ».

Ce sont des lésions d'origines très diverses : traumatismes à cause mécanique, nécroses de tissus produites par la gelée, l'insolation, ou résultant de l'intervention d'insectes et qui, au lieu de se cicatriser normalement, se laissent envahir par certains champignons, tels, chez les arbres forestiers, l'Hypocréacée, *Nectria galligena* et l'Helotiacee, *Dasyscypha Wilkommii*.

Ceux-ci tuent le bourrelet de cicatrisation qui tend à se former autour de la lésion; dans la suite, un nouveau bourrelet s'organise plus excentriquement qui est envahi à son tour et ainsi il se produit une série d'ourlets subéreux qui constituent un chancre.

Le conflit qui s'établit, en ce cas, entre l'activité des méristèmes cicatriciels et les tendances envahissantes du parasite est fortement influencé, dans son issue, par les conditions d'ambiance. Plus ces conditions sont favorables à l'hôte et moins les chancres progressent rapidement et dans certaines affections chancreuses, telle celle produite chez les arbres fruitiers par un champignon *Diaporthe perniciosa*, il y a fréquemment guérison par recouvrement définitif des tissus primitivement nécrosés par le parasite.

Ici l'intervention salvatrice des processus de cicatrisation est manifeste.

Notons que les rapports entre la cicatrisation et l'infection ont été présentés récemment sous un jour très nouveau par l'observateur

italien RIVERA, qui considère la présence de microorganismes comme apportant le stimulus indispensable pour déclancher le processus

Cet auteur a observé que des lésions désinfectées et maintenues aseptiques ne se cicatrisent pas, tandis que, dans les conditions naturelles, les microbes banaux amènent, par leur tentative d'attaque, une véritable activation des méristèmes

Dans les feuilles, organes qui, ainsi que le regretté Jean MASSART de l'Université de Bruxelles fut un des premiers à le démontrer, ne régénèrent guère de nouveaux tissus à la suite de traumatisme et ne montrent qu'une subérification au contact direct des tissus nécrosés, les choses se passent, en cas d'infection par les champignons, différemment suivant les cas

Les recherches de CUNNINGHAM faites à la « Cornell University », en 1928, montrent que dans le cas d'attaque des feuilles de Betterave par *Cercospora beticola*, un champignon, il se constitue, au contact direct de la portion de parenchyme nécrosé, un massif méristématique dont les éléments très denses se subérifient fortement.

En revanche, dans beaucoup d'autres cas, le contact direct de tissus envahis par le champignon n'amène aucune activation de la division cellulaire et aucun processus cicatriciel n'apparaît.

Les choses se passent ainsi dans la feuille de Symphorine attaquée par un hyphomycète : *Cercospora Symphoricarpi*

CUNNINGHAM observe que les feuilles de ces espèces végétales réagissent de la même façon à l'égard des traumatismes d'origine mécanique

La présence d'un parasite n'amène donc pas une riposte particulière de la part des tissus vivants.

Tandis que la formation de tissus subéreux et la cicatrisation fournissent à la plante les moyens d'opposer à l'envahissement des tissus par des parasites externes une barrière plus ou moins efficace, un autre type de réactions protectrices intervient pour limiter l'extension des parasites internes, agents des hadro- ou trachéomycoses.

C'est la production, par les cellules vivantes du bois, de gommés et de thylles.

Le cas le plus remarquable de ces thylloses pathologiques est représenté par la désastreuse épiphytie qui décime, depuis une quinzaine d'années, dans toute l'Europe occidentale, la belle essence qu'est l'Orme et qui résulte de l'infection par un champignon interne, le *Ceratostomella Ulmi*, que lui inoculent les Scolytes.

Les conséquences particulièrement graves de la thyllose parasitaire de l'Orme sont dues à ce fait que normalement, chez cette essence, n'interviennent, dans la véhiculation de la sève ascendante que les deux ou trois dernières couches annuelles, les vaisseaux des cercles plus âgés se trouvant rapidement bouchés par la production de thylles, thylles non pathologiques cette fois.

Ce qui fait donc l'extrême sensibilité de l'Orme à l'égard du *Ceratos-*

tomella Ulmi, c'est tout simplement la prédisposition que présente cet arbre à produire des thyllés, à la fois normalement, dès que le bois a deux ou trois ans d'âge et pathologiquement, dans les couches les plus jeunes, sous l'action d'un parasite interne.

Il y a lieu de se demander à propos de ce type d'affections cryptogamiques, quelle est la nature de l'excitant qui intervient pour amener les cellules parenchymateuses qui entourent les vaisseaux à manifester le regain de vitalité qui se traduit par la production de thyllés.

Ce n'est certes pas le contact matériel immédiat des filaments du champignon, car le mycélium de *Ceratostomella Ulmi* est, dans le bois d'Orme malade, tellement raréfié, qu'il n'apparaît pas à l'observation microscopique et qu'il faut la culture (dans le sens bactériologique du mot) pour le mettre en évidence.

Et ici l'idée de toxines produites par le champignon et diffusant dans la sève se présente naturellement à l'esprit.

Cependant les résultats consignés dans une thèse récente de l'Université de Leyde, par S. BROECKHUISEN, élève de l'éminente phytopathologiste Johanna WESTERDYK, ne sont guère favorables à cette interprétation.

BROECKHUISEN a étudié, avec beaucoup de soin, la production de gommes et de thyllés dans le bois de diverses essences et spécialement de l'Orme. Il montre que des influences diverses peuvent amener ces réactions.

Dans le domaine des influences chimiques, il a observé que l'injection d'acides à doses bien déterminées est généralement favorable à la production de thyllés, tandis que les ions OH le sont beaucoup moins.

L'inoculation, par divers champignons, agents de trachéomycoses et notamment du *Ceratostomella Ulmi* s'est montrée particulièrement énergique,

En revanche, les extraits et les filtrats de ces champignons sont beaucoup moins actifs, ce qui est peu favorable à la thèse de l'intervention de toxines.

Si nous superposons à ces résultats l'opinion émise il y a peu d'années en Allemagne par Frau VON LINDEN et LENNECK et d'après laquelle le champignon de l'Orme exercerait son action nuisible par la production d'alcool éthylique et celle plus récente de BORDAS et JOESSEL, d'après laquelle les agents des trachéomycoses nuiraient en réduisant les nitrates de la sève en nitrites, substances éminemment toxiques, pour les végétaux, on constate que l'on n'est guère avancé dans la connaissance des causes de la stimulation exercée, sur les éléments vivants du bois, par les champignons internes.

Je pense qu'il y aurait un grand intérêt à poursuivre la solution de ce problème.

Ajoutons encore qu'il résulte des observations de BROECKHUISEN que les différentes essences ne réagissent pas toutes de la même façon à l'égard des facteurs étudiés; les unes, telles les espèces des genres

Ulmus, Quercus, Robinia, Tilia produisent des thylles et de la gomme; d'autres (*Acer, Aesculus*), de la gomme seulement.

Dans les processus que nous venons de passer en revue, il y a production de tissus nouveaux, actifs, du type cicatriciel.

Dans un autre genre de manifestations d'autoprotection il y a, en revanche, sacrifice de tissus morts.

Il y a trente ans déjà, mon regretté maître Emile LAURENT constatait que si l'on sème, sur une jeune pousse de certaines variétés de Poirier, telle : la Joséphine de Malines, des graines de Gui, on observe, peu de temps après la germination du parasite, un flétrissement, suivi de mort, du rameau infesté. Par un processus d'autotomie, le Poirier se débarrasse, de cette façon élégante, de son ennemi.

Ainsi donc, si paradoxale que la chose puisse paraître, l'hypersensibilité des tissus du Poirier à l'égard de l'action parasitaire du Gui devient pour lui un facteur précieux de protection et même d'immunité.

Des manifestations analogues se produisent dans divers cas de parasitisme de champignons.

Beaucoup de Sphéropsidées, notamment du genre *Phyllosticta*, produisent des taches foliaires qui se séparent ultérieurement des tissus sains et tombent.

Cela résulte du fait, qu'autour du point d'infection, le tissu foliaire nécrosé n'étant plus susceptible d'accroissement, alors que les éléments périphériques restés sains continuent à prendre du développement, perd contact avec ces derniers et se détache.

Cela ne se réalise d'une façon tout à fait typique que lorsque l'infection se produit à un moment où la feuille est encore en croissance.

L'étude approfondie du parasitisme des Rouilles a révélé l'existence de réactions analogues.

STAKMAN de Saint-Paul (Minnesota), le grand spécialiste des Urédinées messicoles a montré que les variétés de Froment qui souffrent le plus de l'attaque des Rouilles sont celles dont les tissus restent vivants au contact du parasite, ce qui permet à ce dernier de continuer à se nourrir et à se multiplier.

Au contraire, sur une variété dont les tissus sont hypersensibles à l'attaque du champignon, le mycélium de la rouille voit rapidement se former autour du point d'infection, une marge de tissus nécrosés qui limite étroitement et définitivement son extension et le condamne à mourir d'inanition avant d'avoir pu produire des organes de multiplication.

Les taches d'hypersensibilité, zones nécrotiques non sporulées constituent ainsi la caractéristique des variétés résistantes.

Tels sont quelques aspects de la protection active du végétal à l'égard de l'infection.

Comme on le voit, il s'agit le plus souvent de mécanismes particuliers d'essence spécifiquement végétale.

Quant à leur efficacité d'ensemble, elle ne doit pas être sous-évaluée. Les faits curieux révélés en 1932, par le chercheur lithuanien MINKEVICIUS sont intéressants à noter à cet égard.

Cet auteur montre que soumis à la narcose, c'est-à-dire privés de leurs armes vitales, les plantes peuvent se laisser entamer par des parasites dont l'attaque est vaine sur des sujets à l'état de dynamisme normal.

Mais abordons maintenant les manifestations de l'immunité passive.

Que la pénétration des champignons parasites soit mécanique ou dissolvante, les membranes cellulaires ont à jouer un rôle essentiel dans la protection des tissus à leur égard.

Par leur épaissement progressif, par les modifications de composition qu'elles subissent au cours du vieillissement cellulaire, les membranes jouent un rôle extrêmement important dans le mécanisme de l'infection. De très nombreux faits le montrent à l'évidence.

C'est ainsi que les Ustilaginacées qui produisent, chez les plantes, les maladies dites « charbonneuses » n'infectent leur hôte qu'au niveau de tissus très faiblement protégés.

Certaines d'entr'elles pénètrent par le même chemin que le tube pollinique; la germination des spores apportées par le vent sur les stigmates des fleurs amène la formation d'un filament qui s'insinue dans le tissu conducteur du style et s'enkyste en quelque sorte dans l'embryon. Des graines infectées de la sorte donneront des plantes à épis charbonneux.

D'autres ustilaginées, telle celle qui produit la Carie du Froment, ne sont capables d'infecter que les tissus très mal protégés de la tigelle au moment de la germination. Dès que cette période critique est passée, la plante devient totalement réfractaire.

Dans un autre groupe de champignons parasites, celui des Péronosporacées, nous constatons que *Phytophthora omnivora*, l'agent de la maladie des semis du Hêtre, n'est capable d'infecter que la tigelle, les cotylédons et, exceptionnellement, la première feuille définitive de la plantule. Les organes formés ultérieurement résistent victorieusement à ses attaques.

Il est vraisemblable qu'il s'agit ici avant tout d'une question de nature et d'épaissement des membranes. Aucune recherche ne l'a cependant nettement établi jusqu'ici.

Certaines dispositions anatomiques des tissus externes interviennent indépendamment de l'épaissement et du degré d'incrustation des membranes. Il en est ainsi de la présence, sur les cuticules, d'un enduit cireux qui empêche l'humidification du tégument.

Les caractères des stomates sont importants à considérer.

On sait que beaucoup de parasites pénètrent dans les tissus végétaux d'une façon prépondérante, sinon exclusive, par l'intermédiaire de ces organes.

Il semble notamment bien prouvé que l'étroitesse du pore stomatique constitue un des facteurs de la résistance de certains froments (le « Kanred » par exemple) à l'égard de la Rouille noire.

Ce qui démontre l'importance de la protection qu'assure, au végétal, le développement normal de ses tissus externes, c'est l'influence qu'exerce, sur les possibilités d'infection, la production de brèches résultant de l'action de facteurs mécaniques et physiques divers.

De fait, il existe chez les plantes et spécialement chez les arbres, un grand nombre de parasites qui ne peuvent s'établir dans les tissus qu'à la faveur d'un traumatisme, ce sont les *parasites de blessure*.

De ce nombre, sont la plupart des Polyporacées lignicoles.

Les blessures infectantes siègent le plus fréquemment sur les branches ou sur le tronc.

D'autres fois, c'est à la base de ce dernier, au niveau du sol que l'infection se produit et se propage ultérieurement dans les racines. On a alors le facies pathologique connu sous le nom de « Pourridié des racines », tel que le produit par exemple une Agaricasée : *Armillaria mellea*.

Si la nature et l'intégrité des membranes cellulaires interviennent d'une façon souvent décisive pour protéger les végétaux contre la pénétration initiale des parasites, les possibilités d'extension ultérieure de ces derniers semblent être plutôt conditionnées par la composition chimique du milieu interne.

Toute cellule vivante représente un complexe de colloïdes doué d'un ensemble de propriétés physico-chimiques propres et siège d'un oligodynamisme particulier.

Ainsi, se trouve réalisé, pour chaque type : espèce, variété, lignée, un « terrain » défini dont la composition intime et les propriétés sont tantôt conformes aux exigences du parasite — il y a alors réceptivité — ou incompatibilité avec ses besoins physiologiques — il y a alors immunité.

Le moindre trouble survenant dans la constitution intime du terrain végétal peut affecter et inverser les rapports existant entre hôte et parasite.

L'analyse chimique est-elle en mesure de traduire ces subtiles variations de composition ?

Il y a plus de trente ans déjà, le professeur PETERMANN de Gembloux, étudiant les causes de la prédisposition variable des différentes races de la Pomme de terre à l'égard du *Phytophthora infestans*, montrait que les variétés à tubercules riches en amino-acides et relativement pauvres en amidon sont en général beaucoup plus sensibles à la maladie que les variétés très amylières et plutôt pauvres en azote amidé.

De telles recherches devraient être reprises aujourd'hui avec les méthodes fines de la biochimie moderne.

On peut très bien concevoir que le parasite doive, pour se nourrir, pour composer sa substance, trouver, dans les tissus hospitaliers, un complexe d' amino-acides qualitativement et quantitativement exactement dosé.

Ce serait à un degré plus accentué, sans doute, ce qui se passe dans l'alimentation azotée des Métazoaires, laquelle n'est possible que si les

aliments fournissent, dans une proportion déterminée, la totalité des amino-acides indispensables à l'édification de leurs protéines.

Mais de tous les éléments de la constitution physico-chimique intime des végétaux susceptibles d'intervenir dans le processus de l'immunité, c'est la réaction, la concentration des ions H, c'est le pH comme on dit communément aujourd'hui, dont l'action est peut-être prépondérante.

Il y a longtemps déjà, c'était en 1899, dans des mémoires restés classiques Emile LAURENT et, un peu plus tard, son élève, mon distingué collègue L. LEPOUTRE, révélaient les rapports existant entre la réaction des sucres cellulaires des végétaux et leur prédisposition à l'égard des parasites.

LEPOUTRE montrait notamment qu'en abaissant artificiellement l'acidité du suc cellulaire des tissus du tubercule de la Pomme de terre, on mettait ceux-ci à la merci des agents de la pourriture bactérienne.

Le fait général que les végétaux supérieurs, dont les sucres sont toujours plus ou moins acides, offrent beaucoup plus de résistance aux infections bactériennes que les Métazoaires dont les « humeurs » sont, au contraire, plutôt neutres, ou même légèrement alcalines, appuie l'idée d'une influence importante de la réaction dans la production d'un milieu chimiquement favorable, c'est-à-dire réceptif, ou défavorable, c'est-à-dire plus ou moins réfractaires à l'établissement des parasites.

D'autre part, de nombreux faits d'observation pratique viennent appuyer cette thèse.

Bien que les solutions interstitielles du sol, auxquelles les racines des plantes empruntent leurs aliments soient en général fortement « tamponnées », comme disent les physico-chimistes, et résistant en conséquence énergiquement aux modifications du pH, l'application d'amendements ou d'engrais physiologiquement acides ou physiologiquement alcalins modifie, à la longue, leur réaction.

Rappelons à ce sujet que parmi les substances auxquelles recourt l'Agriculture pour l'amendement et la fertilisation du sol, les unes, telles : les sels ammoniacaux, les phosphates non complètement saturés les sels potassiques, les engrais verts, tendent à acidifier le sol, tandis que les nitrates (de sodium et de calcium, pour ne parler que des plus employés), les phosphates basiques, la chaux et les marnes influencent manifestement le sol dans le sens de l'alcalinité.

Les effets des engrais et amendements sur le pH des sucres cellulaires se traduisent dans nombre de cas par un comportement particulier vis-à-vis des parasites.

C'est ainsi que l'on a constaté depuis longtemps que la Gale ordinaire de la Pomme de terre se montre particulièrement abondante dans les sols à pH élevé, ayant reçu par exemple des doses importantes de chaux ou de boues de villes, de même que dans les terres très pauvres en matières organiques acidogènes.

On a pu préciser, dans ces dernières années, les relations existant entre le pH du sol et la sensibilité de la Pomme de terre à l'attaque de

la bactériacée filamenteuse *Actinomyces Scabies* et montrer que le danger de Gale n'apparaît, dans la plupart des sols, que lorsque le pH est supérieur à 6,5.

En revanche, *Plasmodiophora Brassicae*, protiste acidophile, agent du Gros Pied ou Hernie des Cruciféracées, n'attaque le Navet que lorsque celui-ci se développe dans un sol acide, la valeur critique du pH étant ici de 5,7 d'après les observations précises et récentes de CHUPP.

En dehors de ces cas devenus classiques, la littérature récente nous en renseigne de nombreux autres qui mettent en évidence le rôle important que peut jouer la réaction des tissus dans le mécanisme de l'immunité végétale.

Des faits d'immunité locale lui empruntent également leur interprétation.

C'est ainsi que dans mon laboratoire, P. MANIL a montré que les variations de sensibilité des feuilles d'un même plant de Tabac à la Bactériose sont en rapport étroit avec les fluctuations du pH de leur suc cellulaire, les organes les plus jeunes se trouvant véritablement immunisés contre l'infection par l'acidité élevée de leur contenu.

A la notion du pH en tant que facteur de compatibilité ou d'incompatibilité des tissus végétaux à l'égard des parasites, WILLE vient, tout récemment, d'ajouter celle du pouvoir tempon des sucs cellulaires.

WILLE a montré que l'état de résistance à l'infection correspond le plus souvent à l'existence d'un pouvoir tempon de valeur élevée, s'opposant à des variations importantes de pH. Au contraire, un pouvoir tempon faible, rend le milieu très modifiable au point de vue de sa réaction et plus apte à composer avec les exigences du parasite.

Au demeurant, le degré de concentration des ions H ne représente certes qu'un des aspects des variations physico-chimiques dont le terrain végétal est le siège.

On peut se demander si la notion du potentiel d'oxydo-réduction, la notion du rH pour adopter la terminologie des physico-chimistes récemment introduite en biologie, ne refléterait pas plus exactement ces subtiles variations.

Le rH tend en effet à exprimer la synthèse de toutes les activités protoplasmiques, celles du métabolisme alimentaire comme celles du métabolisme énergétique et apparaît *a priori* comme un test intégral du chimisme cellulaire.

Ne pourrait-on concevoir qu'une certaine compatibilité des « systèmes redox » de l'hôte et du parasite soit nécessaire pour rendre possible l'infection et que l'existence de grands écarts entre ces potentiels contribue à conférer l'immunité.

Mais, rien n'est encore connu dans ce domaine et l'on ne peut que proposer ce thème de recherches à la sagacité des chercheurs.

En résumé, les plantes se défendent contre leurs ennemis et spécialement contre leurs ennemis cryptogamiques, par un ensemble de moyens variés qui totalisent souvent leurs effets, l'immunité étant généralement une résultante compliquée.

Ces moyens sont représentés par des mécanismes d'immunité active particuliers : cicatrisation externe par production de tissu subéreux, cicatrisation interne par production de thylles et de gomme, sacrifice de tissus nécrosés isolant et condamnant à l'inanition le parasite.

Mais l'immunité est plus souvent encore passive et résulte de l'intervention protectrice des téguments et surtout de la non-appropriation étroite, aux besoins du parasite, du terrain physico-chimique que constitue la plante.

Tel est, envisagé plus spécialement sous le signe de la science pure, l'état actuel du problème de l'Immunité végétale.

Examinons maintenant rapidement le parti que peut tirer, de ces conceptions théoriques, la Thérapeutique végétale, c'est-à-dire l'art sinon de guérir, tout au moins d'enrayer le développement des maladies produites par les parasites, maladies qui diminuent, parfois, dans des proportions désastreuses, le rendement des cultures.

La Pathologie végétale, une des plus jeunes parmi les sciences auxiliaires de l'Agriculture, s'est trouvée, au cours de son développement historique, influencée, à ce point de vue, par diverses tendances.

Durant une première période, on s'est efforcé d'intervenir directement contre les parasites, par des traitements visant la destruction de leurs germes ou en empêchant le développement.

Certains de ces traitements anticryptogamiques, tels : la désinfection des semences de Froment contre la Carie, le traitement cuivrique utilisé contre le Mildiou de la Vigne sont restés d'une application courante. En revanche, dans beaucoup d'autres cas, on a dû les abandonner, pour des raisons d'ordre économique.

On a cherché ensuite à utiliser, pour assurer la protection des plantes contre leurs ennemis cryptogamiques, les différences très réelles de sensibilité à l'infection qui existent, au sein de la même espèce cultivée, entre variétés, races et lignées.

Ainsi s'est ouverte l'ère de la détection par voie de sélection et de la production, par voie de croisement, de types résistants, méthode qui a fourni et fournira certainement encore des résultats extrêmement précieux.

Cependant, on s'aperçoit, de plus en plus, qu'il est souvent difficile voire même impossible, de réunir, dans la formule génétique d'un type les facteurs qui régissent la valeur agricole proprement dite : rendement, précocité, résistance à la verse, par exemple et ceux qui gouvernent l'immunité, une certaine incompatibilité se manifestant souvent entre eux.

Il importe donc de chercher à orienter les recherches de Thérapeutique végétale dans des voies nouvelles.

C'est, je crois, l'étude approfondie du mécanisme de l'immunité qui peut en fournir les bases.

J'exprimais tout à l'heure cette opinion que la réceptivité d'un type végétal à l'égard d'un parasite déterminé tient avant tout à cette cir-

constance que le premier réalise un milieu physico-chimique correspondant exactement aux exigences biologiques intimes du second.

Troubler cet état d'équilibre de constitution, rompre cette conformité du milieu interne, de manière à le rendre moins favorable au développement du parasite ou même incompatible avec son existence, telle est l'idée maîtresse à poursuivre.

C'est naturellement sur la nutrition que l'on doit avant tout compter pour influencer la composition et les propriétés du terrain végétal et cela paraît d'autant plus réalisable que l'on dispose aujourd'hui, par l'emploi des engrais chimiques, de moyens d'ébranler la stabilité relative de ce dernier.

Déjà, dans un certain nombre de cas, l'application rationnelle des engrais fournit, au cultivateur, le moyen d'immuniser plus ou moins complètement ses récoltes vis-à-vis de certains parasites.

Mais l'étude approfondie de la statique du sol doit permettre de préciser et de généraliser la méthode.

Au lieu de recourir à une influence alimentaire proprement dite pour modifier, dans un sens défensif, les propriétés du « terrain » végétal, on peut chercher à en renforcer l'immunité par l'intégration, dans le contenu cellulaire, de produits de nature à entraver le développement du parasite.

C'est le principe de la Chimiothérapie, dont les applications se sont montrées si fécondes dans le domaine de la Pathologie animale.

Au début de ce siècle, Emile LAURENT et moi, travaillant chacun sur un matériel différent, avons montré qu'il est possible de faire absorber impunément à des végétaux des doses bien déterminées de poisons, de sels de cuivre notamment, doses suffisantes pour rendre leurs tissus réfractaires à l'infection.

Hâtons-nous de dire que ces résultats, transportés dans la pratique, se sont avérés inapplicables, l'écart existant entre la toxicité des sels cuivriques à l'égard du parasite d'une part et de la plante hospitalière d'autre part, étant trop faible.

Cependant le principe pourrait en être repris en utilisant des substances douées d'une activité plus grande à l'égard des champignons, telles, par exemple que certaines matières colorantes, dont l'extraordinaire pouvoir fongicide a été révélé en 1930 par l'américain LEONIAN et s'est vue tout récemment confirmée dans mon laboratoire, par les travaux de M. BOUDRU, aspirant chercheur du Fonds National de la Recherche scientifique.

Mais combien d'inconnues encore à dissiper dans cette voie, que de délicates mises au point à réaliser avant d'entrevoir la réussite!

Cela pourra constituer une des tâches des phytopathologistes de demain.

Je viens de vous exposer, — un peu longuement et je m'en excuse, — l'état actuel d'un problème biologique en l'envisageant successivement du point de vue de la science pure et de celui de la science appliquée.

Science pure, science appliquée, voilà deux expressions qui, dans l'esprit de certains tendent à opposer des choses d'essence et de valeur différente et dont je voudrais en terminant vous faire comprendre l'interdépendance et l'harmonie.

Les sciences pures, les sciences abstraites, se préoccupent uniquement d'apporter des contributions à l'approfondissement du savoir humain.

Les sciences appliquées, les sciences techniques, ne peuvent rester sur le terrain de la pure recherche de la vérité; leurs acquisitions, pour être réelles, doivent satisfaire à une condition de convenance extérieure, représentée, lorsqu'il s'agit de la science agronomique, par le facteur économique.

Un exemple concret pour vous faire saisir cette distinction.

Revenons un instant au problème qui nous préoccupait tout à l'heure et demandons-nous ce que l'on pourrait penser d'un traitement anti-cryptogamique, d'ailleurs très efficace et basé sur des considérations de science pure tout à fait rigoureuses, mais qui utiliserait un produit chimique de prix élevé, en sorte que son application entraîne à des dépenses dont le montant dépasse l'augmentation de valeur de la récolte due à la destruction du parasite considéré.

Nous dirions avec raison que cela constitue un progrès technique à rebours.

Il faut donc pour réaliser un progrès réel en matière de traitement fongicide trouver un composé qui, tout en étant actif sur le champignon, reste d'une application économique.

Dans les sciences appliquées, l'effort du chercheur se trouve donc toujours placé sous l'influence tyrannique d'un facteur intéressé, en l'occurrence le facteur économique.

La valeur de cet effort se trouve-t-il minimisé par le souci d'opportunisme qui le caractérise? Assurément non.

Certes, les recherches de science pure, poursuivies dans une atmosphère d'idéologie sereine, empruntent à leur caractère de désintéressement absolu, une suprême beauté.

Mais, d'autre part, la poursuite de solutions pratiques, s'inspirant directement des réalités et soumises à la discipline du facteur économique, ne présentent ni moins de difficultés, ni moins d'attrait. Leur objectif apparaît même, aux yeux du grand nombre, plus tangible et elles semblent concourir plus directement à l'amélioration des moyens d'existence de l'homme, c'est-à-dire à l'accomplissement de ce que l'on peut appeler : le rôle social de la Science.

Mais, hâtons-nous de le dire, la science pure, essentiellement spéculative et la science appliquée, plus humaine, sont intimement interdépendantes et solidaires et l'histoire du progrès montre à chaque pas leur action parallèle et harmonique dans tous les domaines.

Messieurs les étudiants, vous venez ici pour acquérir des connaissances, pour cultiver la Science.

Vous recevez dans cet Institut, tout d'abord une initiation dans des disciplines très variées de la science pure, en un ensemble didactique

qui fait de la candidature agronomique le plus étendue et la plus belle de formations générales supérieures qui soient.

Ensuite, vous appliquez les connaissances théoriques ainsi acquises à des fins pratiques, vous vous adonnez à l'étude des techniques rationnelles de la production végétale, de la production animale et des transformations industrielles qui en dérivent; vous cultivez la science agronomique, qui est le prototype des sciences appliquées.

Au cours de ces études, restez bien imprégnés de la noblesse et de la beauté de la tâche que vous avez à accomplir. N'oubliez pas que, s'il vous échoit l'insigne privilège de cultiver la Science dans une université, cela vous impose d'impérieux devoirs de conscience et de travail.

Considérez l'étude scientifique, non comme une tâche tracassièrement imposée, mais comme une occupation belle entre toutes, à laquelle on se consacre librement et avec goût et dont l'accomplissement vous rapprochera peu à peu de ce qui doit constituer le but de vos efforts : votre accession au sein d'une élite intellectuelle agissante, capable de remplir un rôle utile dans la Société.

Rapport sur l'activité des Séminaires

SÉMINAIRE DE SCIENCES BIOLOGIQUES.

Section de **Biologie végétale**, Directeurs : MM. les professeurs
V. LATHOUWERS et É. MARCHAL.

Les sujets traités sont :

L'infection bactérienne des végétaux appliquée aux bactérioses du Tabac. (Rapporteur : M. MANIL, assistant temporaire à la Station de Phytopathologie.)

Les maladies charbonneuses de l'Orge. (Rapporteur : M. VANDERWALLE, assistant temporaire à la Station de Phytopathologie.)

La maladie de l'Orme produite par le champignon *Ceratostomella Ulmi* et les conditions physico-chimiques du développement de ce champignon. (Rapporteur : M. BOUDRU, Ingénieur des Eaux et Forêts, Aspirant-chercheur du Fonds National de la Recherche scientifique.)

Faits nouveaux relatifs aux maladies à virus filtrants chez les végétaux. (Rapporteur : M. MANIL.)

ANNALES DE GEMBOUX

JOURNAL DE L'ASSOCIATION
DES INGÉNIEURS SORTIS DE L'INSTITUT AGRONOMIQUE DE L'ÉTAT

39^e année

Novembre 1933

11^e Livraison

Les articles sont publiés sous la responsabilité exclusive des auteurs

Institut agronomique de l'État
A GEMBOUX (BELGIQUE)

Ouverture solennelle des Cours **10 OCTOBRE 1933**

La séance inaugurale de chaque année académique est précédée d'une visite au monument élevé à la mémoire des anciens étudiants morts pour la Patrie, au pied duquel le Recteur dépose une gerbe de fleurs en pieux souvenir des chers disparus.

Rapport sur la situation de l'Institut agronomique, pendant l'année académique 1932-1933.

par M. le Recteur G. EOUCKAERT.

MES CHERS COLLÈGUES,
MADEMOISELLE,
MESSIEURS LES ÉTUDIANTS,

L'année académique 1932-1933 est révolue, et comme il est de pratique courante à l'issue de tout exercice social, il me paraît opportun d'analyser les faits essentiels et d'établir les comptes de la période qui se clôture, afin de chercher à en déduire des directives pour l'année nouvelle.

L'Institut agronomique a été fréquenté par 184 étudiants, dont 123 belges et 61 de nationalité étrangère. La répartition de cette population estudiantine et les résultats des examens s'établissent de la manière suivante dans les diverses années d'études et sections :