

physiologique spéciale peut modifier les réactions cliniques; quand il s'agit d'une affection gastrique, par exemple, des troubles particuliers peuvent éclater chez les animaux incapables de vomir.

Mais, c'est surtout dans les cas de manifestations nerveuses, qu'on observe les plus grandes divergences : la prédominance du système cérébral chez l'homme, du système médullaire chez les animaux, explique suffisamment les différences qui se produisent.

Il existe donc quelques affections qui sont spéciales à l'homme et qui lui sont imposées par son genre de vie, sa civilisation, ses progrès, le développement de ses facultés intellectuelles; il existe des maladies qui sont particulières à une ou plusieurs espèces et qui relèvent d'agents pathogènes qui ne trouvent pas chez les autres un terrain favorable à leur développement. Mais ces différences sont secondaires : la pathologie, comme la physiologie, peut être envisagée dans toute la série des êtres, car tous obéissent aux mêmes lois primordiales.

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES

SUR LES MALADIES DES VÉGÉTAUX

Par M. PAUL VUILLEMIN

Chargé de cours à la Faculté de médecine de Nancy.

Organisation des végétaux. — Causes déterminantes de leurs maladies. — Maladies de la nutrition et maladies de l'irritabilité. — Suites des lésions locales; leur durée, leur influence sur l'état général. — Causes occasionnelles.

Les analogies qui relient les plantes aux animaux et à l'homme au point de vue biologique se poursuivent dans le domaine de la pathologie. Les modifications de la vie cellulaire, le rôle étiologique des parasites, les influences du milieu sur la santé apparaissent, chez les végétaux, avec une netteté qu'on ne rencontre pas toujours dans les maladies de l'espèce humaine. Les différences, plus saillantes encore que les ressemblances, sont également dignes de fixer l'attention du médecin. Elles permettent de mieux apprécier, par comparaison et par exclusion, les éléments essentiels des processus pathologiques. Dans les considérations qui vont suivre, nous nous attacherons à décrire les altérations dont la cause et le mode de production sont élucidés; nous laisserons de côté les maladies qui intéressent au plus haut point l'agronome, pour peu que leur origine soit obscure, ou que leur nature ne soit pas susceptible d'éclairer les problèmes de la pathologie générale.

Aperçu sommaire sur l'organisation des végétaux. —

Nous nous adresserons principalement aux plantes supérieures, c'est-à-dire à celles qui ont des feuilles, des racines, des tiges, des fleurs, des graines. Il n'est pas hors de propos de rappeler tout d'abord les traits essentiels de l'organisation de ces êtres.

Tous les éléments vivants sont unis entre eux. Ils n'émigrent pas comme les leucocytes de l'homme. Rien ne correspond, chez la plante, à la circulation des cellules, ni aux processus qui en dépendent, tels que la diapédèse. Les cellules, primitivement appliquées de toutes parts à leurs cellules-sœurs, subissent avec l'âge des décollements, incapables de les affranchir de toute connexion, suffisants pour former des méats qui, en se confondant, créent, au sein des parenchymes, une vaste canalisation

intercellulaire. Les plus importants de ces espaces communiquent avec l'atmosphère par les stomates, par les lenticelles, plus rarement par des fentes moins bien définies. Leur contenu est gazeux. Ils constituent un appareil ventilateur, prolongeant, pour ainsi dire, le milieu atmosphérique dans la profondeur des tissus. Des espaces intercellulaires restreints, sans communication avec les précédents, servent de réservoirs à des produits liquides ou solides, sécrétés par les cellules.

Le corps de la plante est, en outre, irrigué par des vaisseaux, qui, partant de la pointe des racines, se rendent jusqu'aux extrémités des feuilles. Les vaisseaux ne sont pas des espaces intercellulaires comme les méats gazeux. Au début, ce sont de vraies cellules; mais leur rôle irrigateur s'accomplit seulement quand leur protoplasma a totalement disparu. Ce sont, en définitive, des canaux inertes, transportant les liquides sous des influences d'ordre purement physique ou mécanique.

A vrai dire, l'appareil irrigateur ne communique pas directement avec le sol humide, comme les méats avec l'atmosphère. Un massif de cellules jeunes, peu différenciées, sépare les origines inférieures des vaisseaux des poils absorbants de la racine, absorbe transitoirement les solutions pour les céder ensuite aux vaisseaux, règle par l'activité de son protoplasma la transmission des liquides. Le contenu des vaisseaux est donc, rigoureusement parlant, le produit d'une première sécrétion, au même titre que les substances transmises au milieu interne de l'homme par les éléments actifs des villosités intestinales. Néanmoins le contenu des vaisseaux diffère peu des liquides du sol; les modifications très réelles que lui imprime, dans son trajet, l'activité des cellules contiguës, sont assez restreintes. Les vaisseaux peuvent donc, dans une vue générale et un peu approximative, être considérés comme un prolongement du sol humide dans l'intimité des tissus de la plante et jusqu'aux organes les plus franchement aériens. Le contenu de l'appareil irrigateur constitué par les vaisseaux, comme le contenu de l'appareil ventilateur constitué par les méats, n'a donc que de lointaines analogies avec les humeurs du corps humain.

Les véritables humeurs, chez les plantes, sont représentées par le suc cellulaire. Qu'il soit renfermé dans des vacuoles à peine visibles au microscope, qu'il occupe de vastes espaces refoulant la partie vivante, qu'il forme des masses plus considérables, comme dans les laticifères ou dans les cellules criblées du liber, le suc cellulaire, à l'inverse des humeurs de l'homme, est directement subordonné au protoplasma d'une cellule, emprisonné dans les étroites limites de cet élément et ne peut passer aux éléments voisins que par un effet de l'activité cellulaire, c'est-à-dire par une véritable sécrétion.

Au point de vue physiologique, certains produits solides méritent d'être rapprochés des humeurs; tels sont: les substances azotées mises en réserve dans l'aleurone, les grains d'amidon, les composés pectiques des membranes, qui sont fluidifiés sous diverses influences normales ou pathologiques. La diffusion de ces substances, soumise aux mêmes règles

que celle des inclusions liquides, est en outre retardée par le travail chimique préalable qui les rend transportables.

Dès lors les altérations humorales n'ont, chez le végétal, qu'une influence restreinte, limitée à la sphère d'activité d'un groupe cellulaire. Même dans ce domaine étroit, l'afflux des humeurs du reste de l'organisme ne vient pas compliquer les modifications locales. L'exsudation, entravée par la situation intra-cellulaire des liquides, reste étrangère aux accidents inflammatoires, aussi bien que la diapédèse, empêchée par la fixité des cellules.

Si nous ajoutons que la plante n'a pas de système nerveux, capable de rendre l'organisme entier solidaire d'une altération locale, qu'elle possède, au contraire, des parties suffisamment indépendantes pour continuer à prendre un développement normal, quand d'autres parties sont atrophiées, déformées ou même totalement détruites, nous pourrions conclure que la généralisation d'une maladie locale n'est pas à craindre, chez des êtres où la centralisation des fonctions est toujours imparfaite.

Nature et causes déterminantes des maladies des végétaux. — En raison de l'organisation que nous venons d'esquisser, la pathologie végétale est un simple chapitre de la pathologie cellulaire, chapitre d'autant plus instructif que les réactions de l'élément biologique ne sont pas troublées par les complications nerveuses et le sont peu par les complications humorales.

L'activité normale de la cellule végétale relève de deux facteurs essentiels, qui sont la nutrition et l'irritabilité. Toute maladie des plantes entraîne des troubles simultanés dans la nutrition et dans l'irritabilité. Les accidents initiaux sont dus, tantôt à des propriétés anormales du milieu nutritif, tantôt à des phénomènes d'irritation insolites par leur intensité, par leur nature, par leur origine, par leur localisation. Le plus souvent les deux sortes de perturbations se combinent dès le début. Pourtant on peut encore attribuer une influence prépondérante à l'une d'elles. Nous examinerons successivement les troubles de la nutrition et les troubles de l'irritabilité.

MALADIES DE LA NUTRITION

La nutrition est troublée par les altérations du milieu extérieur, auquel les végétaux empruntent l'air respirable, les aliments liquides ou gazeux, l'énergie lumineuse ou calorifique. Elle est compromise plus directement encore, quand les parasites, fixés sur le végétal ou plongés dans les tissus, consomment les produits accessoires issus de l'activité du protoplasma, quand les liquides sécrétés par les parasites, les fluides toxiques venus du dehors, transforment chimiquement le milieu interne dans lequel

vit le protoplasma. Elle est abolie dans un domaine plus ou moins vaste par un certain nombre d'actions chimiques ou traumatiques, d'origine cosmique ou biologique.

Altération des sources de substance et d'énergie. —

A. Le besoin d'oxygène libre est aussi urgent pour les plantes aériennes que pour les animaux terrestres. Il suffit de placer une plante dans une atmosphère d'hydrogène, pour arrêter les courants protoplasmiques intracellulaires, la multiplication des cellules, l'assimilation des réserves amylicées, etc. Si j'écarte les conditions anormales de l'expérience, les tiges feuillées ne courent guère de risque d'asphyxie, car l'oxygène dégagé par l'action chlorophyllienne assure une longue résistance dans une atmosphère confinée. Les racines sont moins tolérantes. Les plantes à racines profondes ne peuvent vivre au voisinage des sources thermales qui dégagent beaucoup d'acide carbonique dans l'atmosphère souterraine. Les racines pourrissent dans les peuplements de Conifères où une couverture trop dense soustrait le sol aux changements de température et à la circulation de l'air qui en est la conséquence. Le même phénomène se produit quand on enterre un tronc jusqu'à une hauteur suffisante pour empêcher l'air d'arriver aux racines (1). Une remarquable observation de Van Tieghem (2) a démontré que, dans les sols trop compacts, où l'écoulement de l'eau se fait mal, où l'air ne se renouvelle pas, l'altération des racines est le résultat immédiat de l'asphyxie, en dehors de toute action parasitaire. Dans un tel milieu, les racines de pommiers dégagent une quantité d'alcool suffisante pour être reconnue à l'odeur. A défaut de la fixation d'oxygène libre sur ses composés organiques, la racine puise l'énergie nécessaire à son activité dans la décomposition de ses réserves sucrées, à la façon des levures soustraites au contact de l'air. Les cellules qui, dans les racines normales de même âge, renferment du sucre et de l'amidon, sont profondément dégénérées et l'arbre entier dépérit.

B. L'eau n'est pas seulement un facteur des propriétés physiques et de l'aération du sol. Elle est un aliment et le véhicule des autres aliments absorbés par la racine. L'excès d'eau dans le sol détermine des troubles dans la nutrition générale, surtout si la chaleur en active l'absorption, si l'état hygrométrique de l'air empêche l'évaporation de suivre la même progression et si le défaut de lumière entrave le travail de l'assimilation. On voit alors les cellules des feuilles se gonfler au voisinage des terminaisons vasculaires et former des tumeurs transparentes, nommées par Sorauer intumescences ou nodosités selon leur consistance. Dans les tissus mous des fruits de l'oranger ou du poirier, la dilatation hydropique des éléments profonds fait éclater les tissus superficiels et cause la maladie appelée crevassement par Savastano. L'œdème, la gerçure des troncs,

(1) HARTIG, Traité des maladies des arbres, trad. française, 1891.

(2) VAN TIEGHEM, *Bulletin de la Société botanique de France*, t. XXVI, 1879.

d'après Sorauer, relèvent de la même cause (1). Ce sont les manifestations locales d'une maladie générale résultant de l'absorption excessive de l'eau par les racines.

Les sels nécessaires à l'alimentation de la plante deviennent nuisibles, quand ils sont en solution trop concentrée. L'osmose est arrêtée, parfois même retournée, et les tissus se déshydratent. L'irruption brusque de l'eau de mer est fatale à la plupart des végétaux. Une substance utile agit comme un véritable poison, dès qu'elle se trouve en proportion exagérée par rapport aux autres principes alimentaires. Le carbonate de chaux est fatal à certaines vignes et les rend chlorotiques (2). Des accidents analogues résultent de l'absorption des substances réfractaires à l'assimilation.

L'excès d'alimentation amène un crevassement de l'écorce. Nous en trouvons un exemple chez des arbres isolés par l'abatage des sujets qui leur disputaient jusqu'alors la nourriture. Les tissus profonds s'épaississent brusquement au voisinage du cambium et les tissus périphériques éclatent sous la pression.

L'absence ou l'insuffisance d'un aliment essentiel dans le sol cause une inanition incompatible avec le maintien de la santé. Si la terre est trop sèche ou si elle cède difficilement l'eau aux racines, les plantes sèchent ou se couronnent. L'inanition par suite de la pénurie des gaz assimilables de l'atmosphère peut être écartée de la liste des causes naturelles des maladies.

C. L'énergie transmise aux organes verts par la radiation solaire est aussi nécessaire à l'assimilation que les aliments liquides ou gazeux. L'étiollement est la maladie qui résulte du défaut de lumière. Les feuilles couvertes de poussière jaunissent comme les plantes placées à l'obscurité. Les corps étrangers forment à la surface un écran opaque. Mais ici le défaut d'éclairage de la chlorophylle se complique d'un obstacle apporté à la transpiration, aux échanges respiratoires et alimentaires. L'assimilation des composés inorganiques est supprimée, si la plante est exposée à une lumière privée des radiations susceptibles d'être absorbées par le pigment vert; les autres rayons, si éblouissants qu'ils puissent être pour notre œil, sont sans action sur elle. Il suffit de soustraire quelques-unes des radiations correspondant aux bandes d'absorption de la chlorophylle pour déterminer un trouble profond dans la nutrition. Les rayons ultraviolets sont absorbés par la chlorophylle et contribuent, au même titre que des radiations moins réfrangibles, à fournir à la plante l'énergie nécessaire à son activité et à sa croissance. Bonnier et Mangin (3), puis Timirjzef, ont établi qu'à eux seuls ces rayons, obscurs pour l'œil humain, suffiraient, à la rigueur, pour provoquer chez la plante verte des phénomènes d'assimilation. D'après les expériences plus récentes de Sachs

(1) SORAUER, *Botanische Zeitung*, 1889 et 1890. — SAVASTANO, *Bollet. della Società di naturalisti in Napoli*, 1889.

(2) VIALA, *Les maladies de la vigne*, 5^e édit., 1895.

(3) BONNIER et MANGIN, *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 11 janvier 1887.

et de Casimir de Candolle⁽¹⁾, les rayons ultra-violetts ne sont pas seulement actifs; ils sont nécessaires aux plantes vertes; à leur défaut, le meilleur éclairage n'assurerait pas le développement normal de certaines espèces. La privation des rayons ultra-violetts devient ainsi une cause de maladie, démontrée par l'expérimentation, mais qui n'est guère à craindre dans la nature.

On connaît l'influence défavorable exercée par les mêmes rayons sur la santé de l'homme, sur les fonctions des animaux, sur la vitalité même de quelques végétaux incolores, comme les bactéries. Il ne faut pas en conclure que les plantes vertes soient impressionnées par la lumière autrement que les autres êtres vivants. La chlorophylle, malgré son rôle capital dans la nutrition, n'est pas une matière vivante; c'est un puissant réactif au moyen duquel le protoplasma fabrique, au sein de l'organisme végétal, des produits que les autres êtres, à de rares exceptions près, trouvent élaborés dans leurs aliments. La chlorophylle, qui transforme en énergie chimique les rayons ultra-violetts, aussi bien que d'autres rayons de diverses réfrangibilités, protège le protoplasma lui-même contre leur action nuisible. Il est inutile d'invoquer une immunité spéciale du protoplasma végétal à l'égard des rayons très réfrangibles. La substance vivante n'en reçoit qu'un petit nombre. Elle peut ainsi accomplir la synthèse de la matière organique, à l'aide d'une lumière dont l'intensité serait préjudiciable aux autres êtres vivants.

D. Nous n'insisterons pas sur les effets bien connus des froids excessifs, des grandes chaleurs, d'une moyenne thermique insuffisante sur le développement et la santé des plantes.

Altération des substances associées au protoplasma.

— A. Dans l'intimité des tissus, les aliments absorbés et transformés, les substances associées au protoplasma, soit comme réserves nutritives, soit comme matériaux de la différenciation du corps, sont détruits par les parasites. Mangin⁽²⁾ a démontré que le *Bacillus Amylobacter*, que le champignon de l'anthracnose de la vigne dissocient les tissus, en consommant les composés pectiques qui unissent les cellules. La substance capable de dissoudre le ciment intercellulaire est excrétée de même par un grand nombre d'organismes inférieurs. Dans cette catégorie, le *Bacillus Oleæ* mérite une mention spéciale. Cette bactérie cause, chez l'olivier, de grands ravages étudiés par Savastano⁽³⁾; elle est fréquente chez le frêne, où Noack⁽⁴⁾ l'a décrite dernièrement comme une espèce nouvelle. Incapable de pénétrer activement dans les tissus sains, le *Bacillus Oleæ* peut être introduit artificiellement par l'expérimentateur, infecter les plaies ou les chancres causés par l'élagage, par la grêle ou par les champignons,

(1) SACHS, *Arbeiten des botan. Instituts in Würzburg*, 1887. — C. DE CANDOLLE, *Archives des sciences physiques et naturelles*, 5^e période, t. XXVIII, 1892.

(2) MANGIN, *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 28 mars 1892.

(3) SAVASTANO, *Annuario della r. Scuola sup. d'Agricoltura in Portici*, vol. V, 1887.

(4) NOACK, *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten*, t. III, 1895.

envahir les excroissances charnues produites, dans les inflorescences, par le *Phytophthora Fraxini*. Son introducteur habituel est un champignon du genre *Phoma*, que j'ai observé aussi bien sur les oliviers recueillis à Toulon que sur les frênes des environs de Nancy. Quand les filaments du champignon atteignent les assises profondes de l'écorce et le liber, le *Bacillus Oleæ* se multiplie abondamment à l'abri de l'air extérieur, prend les devants sur son introducteur et se répand dans les espaces intercellulaires en détruisant les matières pectiques. Les cellules désagrégées, bloquées de toutes parts par les colonies bactériennes, succombent à la famine. Leur paroi, corrodée de dehors en dedans, est bientôt sillonnée d'un réseau de lignes entre-croisées en tous sens. Un peu plus tard, la perforation est complète et les bacilles remplissent la cellule morte dont ils consomment les débris. Plus rarement ils sont introduits d'emblée par le filament du champignon. Les tissus envahis sont ainsi transformés en cavernes plus ou moins vastes qui, au début, ne communiquent pas largement avec l'extérieur. Cette production de cavernes a fait donner à la maladie de l'olivier le nom de tuberculose. Divers champignons produisent la cellulose, zymase qui attaque la cellulose; ils perforent les parois à travers lesquelles ils introduisent leurs filaments ou leurs suçoirs.

D'après Bourquelot⁽¹⁾, les champignons qui vivent sur les troncs d'arbres exercent un ferment soluble capable de dédoubler les glucosides à la façon de l'émulsine des amandes amères. Grâce aux propriétés chimiques de cette solution, ils transforment en un principe propre à les nourrir, c'est-à-dire en glucose, des produits de l'activité cellulaire, tels que la populine des peupliers, la salicine des saules, la phlorhizine des pommiers, la coniférine des pins, qui se trouvaient accumulés sous la forme de glucosides dans l'écorce, le cambium et même le bois des arbres. La transformation opérée dans le corps vivant n'est nullement influencée par la vie des arbres, elle s'effectue sur le bois mort comme sur les arbres vivants; la zymase extraite des champignons dédouble aussi bien les glucosides obtenus à l'état de pureté.

Sous des influences analogues, certaines plantes subissent des dégénérescences cellulaires, connues sous les noms de gommose, de mannose. La transformation des hydrates de carbone de la membrane ou de la cavité en gomme est, dans quelques cas au moins, sous la dépendance des produits sécrétés par les champignons.

D'après Charrin⁽²⁾, le suc du *Pachyphyton bracteosum* perd son acidité en présence du *Bacillus pyocyaneus*, aussi bien quand il est extrait de la plante que quand les cultures bactériennes sont injectées dans les feuilles vivantes.

D'autres actions chimiques, dont la nature n'a pas été précisée avec la même rigueur, accompagnent les précédentes. Les parasites qui empruntent

(1) BOURQUELOT, *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 11 septembre 1895.

(2) CHARRIN, *Archives de physiologie*, avril 1895, et *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 8 mai 1895.