

encore une ou même plusieurs substances qui déterminent la contraction du protoplasma et finissent par le tuer.

Lorsque M. Laurent immergeait dans le liquide, produit par le colibacille, des tubercules provenant des races de pomme de terre des plus résistantes à la pourriture bactérienne, et qu'il inoculait ensuite ces tranches avec ce microbe, il voyait toujours les cellules végétales profondément atteintes.

Eh bien, les sécrétions alcalines du bacille étudié par M. Laurent peuvent être neutralisées par le suc acide de la pomme de terre. Lorsque certaines races de tubercules manifestent l'immunité à la pourriture, cela est dû, d'après le même observateur, à la production de sucres cellulaires d'acidité suffisante. Aussi il est arrivé à communiquer une immunité artificielle à des variétés de pomme de terre des plus sensibles à la pourriture, en les plongeant pendant quelques heures, dans une solution de plusieurs acides organiques. Au contraire, lorsque M. Laurent traitait les variétés, qui possèdent une immunité naturelle des plus manifestes, avec des solutions alcalines, les tubercules devenaient très sensibles à la pourriture causée par son bacille.

La lutte entre la pomme de terre et le Colibacille se réduit donc à l'action chimique des sécrétions cellulaires alcalines chez le microbe et acides chez la pomme de terre. Ce fait d'ordre général explique, d'après M. Laurent, le rôle de certains engrais dans la sensibilité ou la résistance aux maladies infectieuses de la pomme de terre et de beaucoup d'autres végétaux.

On sait que l'addition des phosphates au sol accroît l'immunité de certaines plantes cultivées. Ces substances sont avidement absorbées par les racines et donnent naissance à des sels acides qui se dissolvent dans le suc cellulaire. Les engrais azotés, potassiques et calcaires, diminuent au contraire la résistance des mêmes plantes, probablement parce qu'ils amènent une diminution de l'acidité du suc cellulaire.

Mais les mêmes engrais peuvent agir d'une façon différente sur des plantes diverses. Ainsi les mêmes phosphates qui communiquent à la pomme de terre l'immunité contre la pourriture bactérienne, rendent au contraire le topinambour plus sensible à l'attaque par la *Sclerotinia*.

M. Laurent explique ce fait par la différence du milieu qui favorise l'action des ferments solubles des deux parasites. Le ferment

du bacille digère la membrane cellulaire dans un milieu alcalin ou faiblement acide ; l'hyperacidité qui résulte de l'absorption des phosphates, empêche cette digestion, et par conséquent aide la plante dans sa lutte. Au contraire, le ferment de la *Sclerotinia*, comme il résulte des recherches de de Bary, digère la cellulose dans un milieu nettement acide. L'hyperacidité, à la suite de l'engrais phosphaté, favorise dans ce cas le parasite et lui permet de prendre le dessus dans sa lutte contre le topinambour.

En dehors de la neutralisation des produits microbiens, les acides du suc cellulaire sont encore nuisibles à la plupart des bactéries, qui ne se développent que dans les milieux neutres ou alcalins ; voilà pourquoi les maladies bactériennes sont beaucoup plus rares chez les plantes, que chez les animaux.

La sécrétion des sucres cellulaires chez les plantes est donc un très important élément de défense, dont il est utile de pénétrer autant que possible le mécanisme intime. Les cellules végétales sont en général très sensibles aux influences qu'elles subissent et distinguent, avec une grande précision, les changements qui surviennent dans leur entourage. Elles sont aussi bien capables d'apprécier les propriétés physiques que la composition chimique du milieu dans lequel elles vivent.

Les cellules végétales apprécient nettement la pression osmotique du liquide qui les baigne ; elles réagissent vis-à-vis de cette solution en augmentant ou en diminuant leur propre pression interne. Dans un travail très soigné, M. van Rysselberghe (1) montre, en effet, que lorsqu'on place des cellules végétales (en particulier les cellules épidermiques de certaines *Tradescantia*) dans une solution plus concentrée que celle à laquelle les cellules sont habituées, la pression intracellulaire augmente ; dans le cas contraire, la pression diminue. Ces changements de pression osmotique sont dus à des variations de la concentration du suc cellulaire, et ces variations sont elles-mêmes provoquées par des transformations chimiques. Ainsi, lorsque la cellule est touchée par une solution trop concentrée, elle produit de l'acide oxalique qui se dissout dans le suc cellulaire, et qui, grâce à la petitesse de sa molécule, est très osmotique.

Dans l'intention de démontrer ce résultat par des faits précis, M. V. Rysselberghe a étudié les acides du suc cellulaire de *Trades-*

(1) *Réaction osmotique des cellules végétales*. Mémoires couronnés de l'Académie r. de Belgique. Bruxelles, 1899.



*cantia*. Dans le suc normal, il constate la présence constante d'acide malique, et, dans des cas rares, des traces seulement d'acide oxalique. Ensuite, il détermine les acides des feuilles de la même plante ayant séjourné pendant plusieurs jours dans des solutions assez concentrées de sucre de canne. Dans chaque analyse, il trouve de l'acide oxalique en quantité facilement appréciable. Il y a donc réellement, chez la plante qui s'adapte aux solutions plus concentrées du milieu, production d'acide oxalique pour augmenter la pression du suc cellulaire.

L'origine de cet acte n'a pu être démontrée d'une façon précise, mais M. van Rysselberghe considère comme probable qu'il se forme aux dépens du glycose.

Comme l'acide oxalique se localise, d'après les recherches de Giessler, surtout dans l'épiderme et en général dans les tissus périphériques des plantes, il est très probable qu'il remplit un rôle protecteur contre toutes sortes d'influences nuisibles. Les botanistes pensent qu'il empêche les animaux herbivores, notamment les limaces et les pucerons, de s'attaquer aux plantes riches en acide oxalique. Cette substance sert aussi pour conserver l'humidité dans les cellules superficielles. Mais il est très probable qu'elle joue également un rôle important comme facteur de l'immunité des plantes contre les maladies bactériennes.

Le protoplasma végétal, capable d'augmenter la production des acides pour relever le pouvoir osmotique, peut aussi, en cas de besoin, en diminuer la quantité.

Lorsqu'on transporte les cellules de *Tradescantia* d'une solution concentrée dans une autre beaucoup plus diluée, on constate souvent une précipitation, dans le suc cellulaire, de cristaux d'oxalate de calcium, ce qui amène une diminution du pouvoir osmotique. En changeant la concentration du milieu, lorsqu'on transporte de nouveau le tissu végétal dans une solution plus forte, on constate la dissolution des cristaux d'oxalate, à la suite d'une production nouvelle d'acide.

Ces opérations chimiques, si importantes pour la vie des plantes en général, et pour leur assurer l'immunité contre les agents infectieux en particulier, dépendent de la sensibilité du protoplasma. Empri-sonnée par sa membrane résistante et plus ou moins épaisse, la partie vivante de la cellule végétale apprécie avec une grande finesse tous les changements qui se passent autour d'elle.

M. Massart (1) a constaté que l'excitation produite par le traumatisme se propage souvent à une grande distance et provoque la réaction des cellules très éloignées. Lorsqu'on coupe la nervure médiane d'une feuille d'*Impatiens sultani*, près de la base du limbe la blessure ne se cicatrise pas, mais quelques jours après la feuille se détache de la tige.

L'irritabilité est une propriété fondamentale de tous les êtres vivants. La plante peut réagir par des mouvements brusques, comme chez la *Mimosa pudica*, ou lents, comme par des réactions chimiques, comme dans les cas d'adaptation à la concentration du milieu. Ces réactions se produisent à la suite de sensibilités diverses qui accusent un caractère spécifique. C'est cette particularité qui détermine si la réaction, qui se manifeste par les mouvements, se produira dans un sens ou dans l'autre. La tige, grâce à la sensibilité spécifique de ses parties vivantes, se dirige vers la lumière, la racine guidée par une sensibilité différente, pousse dans le sol.

La sensibilité des plantes, comme celle des êtres unicellulaires, est soumise à la loi psycho-physique de Weber-Fechner. Pfeffer (2) l'a démontré d'abord pour les spermatozoïdes mobiles des Cryptogames. M. Massart (3), par des expériences ingénieuses sur la sensibilité lumineuse d'une moisissure (*Phycomyces nitens*), a prouvé que la même loi règle les mouvements de cette plante vers la source de lumière. Cette sensibilité à la lumière du champignon est beaucoup plus fine que la chimiotaxie des spermatozoïdes des mousses, des fougères, et que celle des bactéries.

M. Errera a conclu des expériences de M. van Rysselberghe, que la réaction osmotique des plantes devait également être soumise à la loi psycho-physique. Il a demandé à son élève de faire des recherches systématiques sur ce sujet, et les résultats ont complètement confirmé sa prévision. D'après les données, obtenues par M. van Rysselberghe (4), la réaction osmotique cellulaire croît en progression arithmétique, quand l'excitation osmotique croît en progression géométrique. La réaction osmotique est donc proportionnelle au logarithme de l'excitation.

(1) *La cicatrisation*, l. c., p. 61.

(2) Pfeffer, *Untersuch. a. d. botan. Institute in Tübingen*. T. I, 1884, p. 363.

(3) Recherches sur les organismes inférieurs. *Bull. de l'Acad. de Belgique*. 2<sup>e</sup> série. T. XVI, v. 42, 1888.

(4) *L. c.*, p. 40.



En résumé, les phénomènes d'adaptation et d'immunité chez les végétaux sont comme chez les organismes unicellulaires très généralement répandus. Les plantes se défendent par leurs membranes résistantes, et par des sécrétions dont elles peuvent modifier les propriétés physiques et chimiques. Ces phénomènes sont sous la dépendance des parties vivantes de la cellule qui les règlent suivant leurs sensibilités très développées. Grâce à ce pouvoir, les plantes peuvent s'adapter graduellement aux concentrations du milieu et aux poisons qui, au début, amenaient des troubles graves. Les végétaux possèdent donc aussi, à côté de l'immunité naturelle, une immunité acquise vis-à-vis de beaucoup d'agents pathogènes.

### CHAPITRE III

#### REMARQUES PRÉLIMINAIRES SUR L'IMMUNITÉ DANS LE RÈGNE ANIMAL

Exemples d'immunité naturelle parmi les Invertébrés. — L'immunité contre les microbes et l'insensibilité aux poisons microbiens sont deux propriétés distinctes. — L'organisme réfractaire ne se débarrasse pas des microbes par les émonctoires. — Il les détruit par voie de résorption. — Le sort des corpuscules étrangers dans l'organisme. — La résorption des cellules. — La digestion intracellulaire. — Cette digestion s'opère à l'aide de ferments solubles. — Digestion chez les Planaires et les Actinies. — Actinodiasé. — Passage de la digestion intracellulaire à la digestion par des sucs sécrétés. — Digestion chez les animaux supérieurs. — Entérokinase et son rôle dans la digestion. — Élément psychique et nerveux dans la digestion. — Adaptation de la sécrétion pancréatique au genre de nourriture. — Excrétion de la pepsine dans le sang et dans l'urine.

Ainsi qu'il a été développé dans les deux chapitres précédents, les organismes unicellulaires et les plantes accusent des phénomènes nombreux d'immunité. A côté de l'immunité naturelle, on constate chez eux d'une façon indubitable une adaptation aux agents morbides qui permet de conclure à la fréquence des cas d'immunité acquise. Dans ces conditions il est tout naturel que le règne animal ne fasse point d'exception à la règle générale. Chez les animaux en effet l'immunité contre les agents pathogènes est très répandue. On observe couramment des manifestations d'immunité naturelle vis-à-vis des parasites, de leurs toxines et des poisons en général. On constate la même fréquence des cas d'immunité acquise vis-à-vis de ces causes morbides.

On connaît encore d'une façon très imparfaite les phénomènes d'immunité chez les animaux inférieurs appartenant au grand embranchement des Invertébrés. Mais on peut affirmer avec certitude qu'eux aussi sont souvent doués d'immunité naturelle vis-à-vis des microbes et des toxines bactériennes. Comme exemple, je puis citer les grosses larves blanches du coléoptère rhinocéros (*Oryctes nasicornis*) qui se rencontrent fréquemment dans le tan. Très sensibles au vibrion cholérique — 1/8000 d'une culture de ce microbe suffit pour donner la septicémie mortelle — ces larves manifestent une immunité naturelle très