

# ANNALES SCIENTIFIQUES DE L'É.N.S.

PH. VAN TIEGHEM

**Recherches pour servir à l'histoire physiologique des mucédinées**

*Annales scientifiques de l'É.N.S. 1<sup>re</sup> série*, tome 6 (1869), p. 27-59

[http://www.numdam.org/item?id=ASENS\\_1869\\_1\\_6\\_\\_27\\_0](http://www.numdam.org/item?id=ASENS_1869_1_6__27_0)

© Gauthier-Villars (Éditions scientifiques et médicales Elsevier), 1869, tous droits réservés.

L'accès aux archives de la revue « Annales scientifiques de l'É.N.S. » (<http://www.elsevier.com/locate/ansens>) implique l'accord avec les conditions générales d'utilisation (<http://www.numdam.org/conditions>). Toute utilisation commerciale ou impression systématique est constitutive d'une infraction pénale. Toute copie ou impression de ce fichier doit contenir la présente mention de copyright.

NUMDAM

Article numérisé dans le cadre du programme  
Numérisation de documents anciens mathématiques  
<http://www.numdam.org/>

RECHERCHES  
POUR SERVIR A L'HISTOIRE PHYSIOLOGIQUE  
DES MUCÉDINÉES.

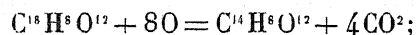
FERMENTATION GALLIQUE,

PAR PH. VAN TIEGHEM,

MAITRE DE CONFÉRENCES A L'ÉCOLE NORMALE.

Scheele obtint pour la première fois l'acide gallique, en 1786, par le pourrissage des noix de galle à l'air libre, et c'est encore de cette manière qu'on le prépare aujourd'hui dans l'industrie. Dans la pensée de Scheele, l'acide existe tout formé dans la noix; le pourrissage, en détruisant les matières qui en masquent les propriétés, ne fait que le mettre en évidence. M. Pelouze a montré, au contraire, en 1833, que l'acide gallique ne préexiste pas, mais qu'il résulte de la transformation lente du tannin au contact de l'air, et depuis lors les opinions les plus diverses ont été émises tant sur la cause prochaine que sur les produits de cette métamorphose.

*Cause prochaine du phénomène.* — Pour M. Pelouze, c'est en absorbant directement l'oxygène de l'air et en le remplaçant par un volume égal d'acide carbonique, c'est-à-dire en perdant par combustion directe une partie de son carbone, que le tannin se convertit en acide gallique :



à l'abri de l'air, la dissolution se conserve indéfiniment (1). C'est encore pour M. Liebig une combustion lente (érémacausie), mais elle est indirecte et porte d'abord sur le ligneux pour se communiquer ensuite par entraînement au tannin (2).

Sans nier l'oxydation du tannin dans sa dissolution aqueuse, Robiquet, ayant remarqué que, dans l'infusion de noix de galle, la transformation peut s'opérer en vase clos, croyait « à la présence de principes qui facilitent la réaction, et servent pour ainsi dire de *ferment* » (3). M. Laroque confirma bientôt cette idée, en montrant que les substances qui s'opposent d'ordinaire aux fermentations alcoolique et putride arrêtent aussi la conversion du tannin en acide gallique; pour lui, comme pour Robiquet, le ferment se trouve dans le résidu de la noix de galle épuisée par l'éther, ce qui ne l'empêche ni d'attribuer en même temps à la levûre de bière, à la chair musculaire, au sang, à la matière caséuse, le pouvoir de détruire le tannin; ni d'admettre encore, à l'exemple de Robiquet, que la transformation peut s'accomplir aussi, quoique plus lentement, par oxydation directe, comme l'avait avancé M. Pelouze (4). Aussi, après avoir rendu compte de ces expériences si peu précises, M. Dumas ajoute-t-il : « Ces observations rendent sans doute fort vraisemblable l'existence d'une fermentation gallique; mais avant de l'admettre, il conviendrait d'étudier l'action que l'eau exerce sur la noix de galle épuisée par l'éther, et d'essayer d'isoler ainsi le ferment qu'elle doit contenir (5). » C'est ce qu'a tenté plus récemment M. Ed. Robiquet. Reprenant l'idée émise par son père et appuyée par les expériences de M. Laroque, il essaye de la préciser davantage en établissant que c'est la pectase contenue dans la noix de galle, et dont une partie se retrouve dans le tannin du commerce où elle a été entraî-

(1) PELOUZE, *Annales de Chimie et de Physique*, 2<sup>e</sup> série, t. LIV, p. 337; 1833.

(2) LIEBIG, *Revue scientifique*, juin 1840. Plus tard, M. Liebig a admis à son tour l'idée de fermentation : « Outre le tannin, dit-il, l'extrait de noix de galle renferme une substance particulière qui se décompose au contact de l'eau et sous l'influence de laquelle le tannin éprouve une métamorphose semblable. » (*Lettres sur la Chimie*, p. 137; 1847.)

(3) ROBIQUET, *Annales de Chimie et de Physique*, 2<sup>e</sup> série, t. LXIV, p. 385; 1837.

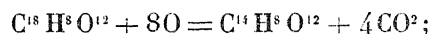
(4) LAROQUE, *Journal de Pharmacie*, 1<sup>re</sup> série, t. XXVII, p. 197; 1841.

(5) DUMAS, *Traité de Chimie*, t. VI, p. 372; 1843. Et à la page précédente : « Le changement qui s'opère semble bien se rattacher aux fermentations proprement dites, mais jusqu'ici les preuves qu'on en a données ne sont peut-être pas satisfaisantes. »

née par l'éther qui sert à la préparation de ce corps, qui est le principe actif, et qu'ainsi « la fermentation gallique se confond avec la fermentation pectique » (1).

Oxydation lente et action d'un ferment soluble préexistant, telles sont donc, en résumé, les deux causes dont le jeu tantôt isolé, tantôt simultané, produirait, dans les idées reçues, la métamorphose du tannin.

*Produits qui en résultent* (2). — Dans l'opinion de M. Pelouze, le tannin, en perdant par combustion lente quatre équivalents de carbone, devient purement et simplement de l'acide gallique :

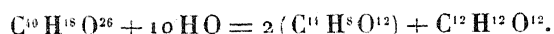


mais alors la différence entre le poids du tannin détruit et celui de l'acide gallique formé ne doit pas excéder 11,3 pour 100. Or, on avait remarqué depuis longtemps que l'acide obtenu par le procédé de Scheele ne dépassait pas la moitié du tannin transformé; on avait donc pensé qu'il devait se produire en même temps que l'acide gallique une autre substance, qui entrerait avec lui dans la constitution du tannin. Émise d'abord par M. Chevreul, appuyée par Pelletier et par Robiquet, cette idée fut précisée davantage par M. Liebig. Ce chimiste, après avoir montré que l'ébullition avec l'acide sulfurique ou la potasse change le tannin en acide gallique, et avoir cherché vainement dans la liqueur l'acide acétique, qui, d'après Robiquet, pouvait bien être le principe inconnu, remarque qu'en triplant la formule de cet acide on aurait pour second terme le sucre de raisin; « que trois atomes de tannin renferment les éléments de six atomes d'acide gallique et d'un atome de

(1) ED. ROBIQUET, *Journal de Pharmacie*, 3<sup>e</sup> série, t. XXIII, p. 241; 1853, et *Thèse*, février 1854.

(2) Si, dans tout le cours de ce travail, je passe sous silence l'acide ellagique que M. Chevreul d'abord, puis Braconnot et tous les autres chimistes ont vu se former constamment pendant l'altération de l'infusion de noix de galle, c'est que je me suis assuré que la production de ce corps n'a aucun lien avec le dédoublement du tannin; il suffira, pour le prouver, de dire que si l'on fait bouillir l'infusion limpide de noix de galle dans un ballon à col étiré que l'on ferme à la lampe, les cristaux d'acide ellagique se déposent, après quelques jours, tout aussi bien que dans les liqueurs qui fermentent. C'est donc à une tout autre cause qu'est due cette formation, et ce n'est pas ici le lieu d'y insister.

sucres de raisin » (1); mais il n'arrive pas cependant à constater la formation réelle de ce corps. C'est à M. Strecker (2) qu'il était réservé d'apporter à cette idée ancienne la sanction expérimentale, en montrant qu'en effet dans l'expérience de Liebig convenablement réalisée, il se produit à la fois de l'acide gallique et du glucose, et que le dédoublement du tannin a lieu avec fixation des éléments de l'eau suivant l'équation



Ce résultat important, rapproché de cette autre circonstance bien connue depuis Braconnot (1818), qu'il se dégage parfois de l'alcool et de l'acide carbonique dans le pourrissage des noix de galle, pouvait porter à croire qu'un dédoublement identique s'opère dans la transformation spontanée du tannin. Toutefois M. Ed. Robiquet, dont le travail est postérieur à celui de M. Strecker, après avoir examiné cette question, se croit autorisé à conclure de ses expériences, qu'en définitive il ne se forme pas de glucose dans cette fermentation; « le tannin, dit-il, ne contient donc pas de sucre et n'est converti en acide gallique que par une simple hydratation » (3).

J'ai pensé qu'en présence d'opinions aussi divergentes, appuyées sur des faits en apparence contradictoires, et en tenant compte des progrès considérables que les travaux de M. Pasteur ont fait faire depuis l'année 1856 à l'étude des fermentations, il y avait lieu d'entreprendre un examen approfondi de ce phénomène, et j'en expose ici les principaux résultats.

### I. — *Le tannin ne se transforme pas à l'abri de l'air.*

Introduisons une dissolution aqueuse de tannin ou une infusion filtrée de noix de galle dans une série de flacons que le liquide remplit jusqu'au col; soumettons ces flacons au vide pendant vingt-quatre

(1) LIEBIG. *Chimie organique*, p. 15.

(2) *Quarterly Journal of the Chemical Society*, t. V, p. 102; 1852.

(3) *Journal de Pharmacie*, 3<sup>e</sup> série, t. XVI, p. 31; 1854.

heures pour en éliminer l'air dissous; faisons-y entrer de l'acide carbonique ou tout autre gaz inerte qui sature les liqueurs, et après les avoir soigneusement fermés avec des bouchons exposés eux-mêmes à l'action du vide et à la rentrée du gaz inerte, placons-les à l'étuve chauffée à 35 degrés, en ayant soin, quand ils en auront pris la température, de luter les bouchons à la cire. Ainsi préparés, tous ces liquides, quel qu'en soit le degré de concentration, se conserveront indéfiniment. J'en possède une série préparée le 9 août 1867, où le tannin n'a subi depuis neuf mois aucune transformation.

Quand on prend soin, comme nous venons de le faire, d'exclure de la dissolution toute trace d'oxygène, la conservation en est désormais, et par cela seul, assurée. Mais ces précautions ne sont pas toujours indispensables, et il n'est pas rare de voir une dissolution de tannin ou une infusion filtrée de noix de galle, introduite purement et simplement dans un flacon entièrement rempli et bouché avec soin, se conserver indéfiniment sans altération. C'est ainsi qu'une dissolution de 30 grammes de tannin dans 600 centimètres cubes d'eau, mise à l'étuve le 7 août 1867 dans un flacon exactement rempli et bien bouché, est encore aujourd'hui, après neuf mois, inaltérée; il en est de même d'une infusion de noix de galle placée à l'étuve dans les mêmes conditions le 5 août. M. Pelouze a conservé d'ailleurs une dissolution de tannin pendant plus de sept mois à l'abri de l'air sans qu'elle donnât d'acide gallique, et, longtemps avant lui, M. Chevreul avait vu une infusion de noix de galle rester inaltérée au bout de trois ans dans un flacon bouché. Robiquet objectait, il est vrai, que si ces liquides se conservaient, c'est qu'ils étaient trop concentrés; mais les dissolutions que j'ai soumises à l'expérience contenaient les proportions de tannin les plus diverses, et je montrerai plus loin que la transformation s'opère facilement dans les liquides les plus concentrés.

Mais si, dans les conditions précédentes, la conservation peut avoir lieu, elle n'est plus certaine: à côté de flacons qui restent inaltérés, on en voit où le tannin disparaît lentement; en général, parvenue à un certain degré, la transformation s'arrête, mais quelquefois elle peut continuer et devenir complète après un temps fort long. Nous saurons tout à l'heure la raison de ces différences; elles nous montrent qu'il est nécessaire, si l'on veut mettre, dans tous les cas, le tannin dissous

à l'abri de toute atteinte, d'enlever rigoureusement non-seulement le contact de l'air extérieur, mais encore tout l'oxygène dissous.

Il résulte de ces expériences, où les liqueurs n'ont point été chauffées, que la transformation du tannin, quand elle s'opère, n'est pas due à l'action d'un ferment soluble, pectase ou autre, préexistant dans la noix de galle et entraîné avec le tannin, comme l'ont pensé Robiquet et M. Laroque, et comme M. Ed. Robiquet a essayé de le démontrer. Nous pouvons donc désormais, sans crainte de détruire la cause prochaine du phénomène, porter nos liquides à l'ébullition.

## II. — *Le tannin ne se transforme pas au seul contact de l'air.*

Introduisons une dissolution de tannin ou une infusion filtrée de noix de galle dans une série de ballons à col ouvert et recourbé suivant le procédé de M. Pasteur; après avoir fait bouillir le liquide pendant quelques minutes, plaçons les ballons dans un lieu tranquille, à une température d'environ 25 degrés; le tannin s'y conservera indéfiniment. Je possède des dissolutions et des infusions de concentration diverse, préparées dans ce but le 24 avril 1864, et dans lesquelles le tannin, après un séjour de plus de quatre ans au libre contact de l'air, est inaltéré comme au premier jour.

On réalise encore avec certitude cette conservation du tannin à l'air libre, en ajoutant tout simplement au liquide quelques gouttes de créosote ou d'une dissolution d'acide phénique (1).

Enfin, sans employer aucune précaution, il arrive quelquefois qu'une dissolution de tannin non chauffée, introduite dans un flacon bouché qu'elle remplit à moitié, se conserve inaltérée, tandis que, dans l'immense majorité des cas, la transformation s'opère dans ces conditions;

---

(1) L'acide phénique passe pour un antiseptique universel; il y a pourtant des organismes dont il est impuissant à empêcher le développement. Nous devons à M. le D<sup>r</sup> Kühne, de Berlin, cette observation intéressante que, dans l'urine, et, en général, dans toutes les dissolutions d'urée, l'acide phénique ne s'oppose nullement au développement de la petite torulacée que j'ai démontré être le ferment de l'urée (*Annales scientifiques de l'École Normale*, t. I. 1864), ni à la fermentation ammoniacale qui est la conséquence de ce développement.

ainsi, le 14 octobre 1867, j'introduis dans un flacon de 200 centimètres cubes 100 centimètres cubes d'infusion de noix de galle, je bouche et je mets à l'étuve; le liquide est encore aujourd'hui, après sept mois, inaltéré. Bien mieux, le 10 août 1867, j'introduis dans un ballon à large col 200 centimètres cubes d'une dissolution contenant 18<sup>gr</sup>,62 de tannin, je fais bouillir quelques minutes, et j'abandonne le ballon à l'étuve sans le boucher. Le 8 octobre, après deux mois de séjour à l'étuve, il ne s'est pas formé trace d'acide gallique, et le liquide évaporé donne un résidu de tannin pur qui pèse 18<sup>gr</sup>,59. Mais la réussite de ces expériences dépend de conditions que nous apprendrons tout à l'heure à connaître et qui ne sont qu'exceptionnellement réalisées.

Il est donc établi que le tannin ne se change pas en acide gallique par une oxydation lente, comme le croyaient MM. Pelouze et Liebig, et comme on continue encore à l'admettre aujourd'hui, sans préjudice du ferment soluble dont nous avons démontré l'existence purement imaginaire.

Mais s'il n'y a ni action d'un ferment soluble, ni oxydation lente, si l'oxygène de l'air est nécessaire à la transformation du tannin, et s'il ne suffit pas à la produire, quelle en est donc la cause prochaine?

III. — *Pour que le tannin se transforme il faut, et il suffit, qu'un mycélium de Mucédinée se développe dans sa dissolution.*

Deux champignons apparaissent naturellement, tantôt tous deux ensemble, tantôt isolément, dans les dissolutions de tannin abandonnées à l'air, toutes les fois qu'il s'y forme de l'acide gallique; il s'agit d'en semer les spores et d'en suivre le développement: ce sont le *Penicillium glaucum* et un *Aspergillus* à spores hérissées, voisin par conséquent de l'*Aspergillus glaucus*, mais qui, par la couleur noirâtre que ses spores conservent dans les milieux les plus divers (1), par l'odeur musquée

---

(1) J'ai semé ces spores sur du pain mouillé, sur des tranches d'orange, etc., et sur des milieux artificiels contenant, les uns du tartrate acide d'ammoniaque et des cendres de levûre, les autres du sucre, du nitrate d'ammoniaque et des phosphates; partout elles se sont déve-



qu'elles exhalent et par quelques autres caractères encore, m'a paru, ainsi qu'à M. le docteur Lèveillé, dont je suis heureux de pouvoir invoquer ici la grande autorité, constituer une espèce distincte et nouvelle; appelons-le *Aspergillus niger*; nous en décrirons les caractères à la fin de ce Mémoire.

Semons maintenant dans un des ballons à col recourbé du paragraphe II, qui, laissés à eux-mêmes, ne s'altèrent jamais, quelques spores de l'une ou de l'autre de ces Mucédinées; empêchons toute végétation superficielle, et nous verrons, en même temps que ces spores développeront dans l'intérieur du liquide de beaux flocons de mycélium, le tannin subir une destruction progressive, qui se trahira bientôt par la formation de cristaux de plus en plus nombreux d'acide gallique et qui, après quelques jours, sera complète. Si le liquide restait indéfiniment inaltéré dans ces ballons, c'était donc uniquement parce que l'introduction des spores des deux Mucédinées que l'air renferme était rendue impossible par la disposition du col.

Ce mycélium exige pour respirer et se développer une petite quantité d'oxygène libre qu'il transforme en un volume égal d'acide carbonique; il en résulte que si l'on interdit rigoureusement l'accès de l'air, comme nous l'avons dit au paragraphe I, la dissolution devra se conserver indéfiniment, bien qu'on puisse, ainsi que je l'ai fait souvent, y avoir déposé à l'avance d'innombrables spores des deux Mucédinées actives; mais que l'on débouche les flacons, et l'on verra ces spores germer, développer un mycélium floconneux et provoquer en même temps la transformation corrélatrice du tannin.

Ainsi, l'air tout seul est inactif; seules, les spores du *Penicillium* et de l'*Aspergillus* demeurent impuissantes; il faut et il suffit que la dissolution reçoive à la fois une spore de la Mucédinée active et le contact

loppées et ont reproduit la plante avec tous ses caractères. J'ai pu d'ailleurs, à plusieurs reprises, observer le développement spontané de cette Mucédinée sur du pain, sur de l'urine demeurée acide, sur des matières sucrées, sur des feuilles mortes, etc. C'est donc une plante extrêmement répandue dans la nature, et dont le rôle physiologique est très-important.

C'est encore, nous nous en sommes assurés ensemble, de cet *Aspergillus niger* qu'il s'agit dans les recherches chimiques que mon ami M. Raulin poursuit depuis plusieurs années sur la végétation des Mucédinées dans les milieux artificiels.

d'une quantité d'oxygène suffisante pour faire germer cette spore et la développer en un abondant mycélium. C'est donc l'air qui apporte au tannin les deux principes dont l'action commune est nécessaire à sa destruction, les spores et l'oxygène; il est à la fois véhicule et aliment.

Mais ce n'est pas tout : il faut encore que les spores trouvent dans la dissolution aérée où elles tombent, à côté du tannin qui n'est pour elles qu'une source d'aliment carboné, à côté de l'oxygène qui est nécessaire à la respiration incessante dont tout être vivant est le siège, les principes azotés et minéraux indispensables à leur développement. Dans l'infusion de noix de galle, ces principes abondent, aussi la végétation du mycélium y est-elle très-active, et la transformation du tannin rapide; le développement de la plante est pénible au contraire, et lente la destruction qu'il provoque, dans une dissolution aqueuse de tannin du commerce; la transformation peut toutefois s'y accomplir totalement avec le temps, et cela tient à ce que le tannin du commerce est loin d'être pur; il contient une certaine quantité de principes gras, azotés et minéraux que l'éther a entraînés et dont une partie est insoluble dans l'eau (3 pour 100 environ du poids du tannin), tandis que l'autre s'y dissout avec lui; mais cette source est pauvre, et l'on accélère singulièrement la marche des deux phénomènes corrélatifs, on la rend presque aussi rapide qu'avec la noix de galle, si l'on ajoute à la dissolution de tannin une petite quantité de nitrate d'ammoniaque et de cendres de bois ou de levûre.

Introduites dans une dissolution aérée de tannin pur dans l'eau distillée, les spores ne se développent pas et le tannin demeure inaltéré.

Après avoir analysé ainsi et résumé les conditions générales qu'il est nécessaire et suffisant de remplir pour que le tannin se transforme, nous devons prendre, parmi les nombreuses expériences que nous avons réalisées, quelques exemples à l'appui de chacune des assertions qui précèdent.

1. *Végétation du mycélium dans l'infusion de noix de galle.* — Le 8 octobre 1867, dans trois flacons A, B, C, de 400 centimètres cubes de capacité, j'introduis 200 centimètres cubes d'une infusion de noix de galle filtrée, bouillante et contenant 10<sup>gr</sup>,5 de tannin pour 100 cen-

timètres cubes (1); je bouche les flacons. Quand le liquide est refroidi, je sème dans B des spores de *Penicillium glaucum*, dans C des spores d'*Aspergillus niger*, et je place les trois flacons à l'étuve à 35 degrés. Le surlendemain, les spores se sont développées, mais d'une manière différente pour les deux Mucédinées. Celles du *Penicillium* ont produit des flocons sphériques, très-denses, à reflets irisés, formés de filaments très-minces et très-rapprochés rayonnant autour de la spore primitive qui occupe le centre de la sphère, et qui s'accroissent et se ramifient par leurs extrémités libres, de manière à conserver au flocon sa forme sphérique; s'il y a des variations dans la température, les variations correspondantes dans la vitesse d'accroissement sont indiquées sur le flocon par des zones concentriques. Les spores de l'*Aspergillus* forment aussi des flocons d'abord sphériques, mais beaucoup plus légers et sans chatolement; les filaments rayonnants qui les constituent sont plus gros, plus écartés, et leur développement ultérieur se fait souvent de manière à donner au flocon une forme irrégulière. Cet aspect différent permet, quand le mycélium apparaît dans une infusion abandonnée au contact de l'air, de reconnaître immédiatement à laquelle des deux Mucédinées il appartient. Des deux parts on a soin, si quelque flocon tend à se fixer à la surface, de le faire tomber au fond, et d'empêcher ainsi toute végétation superficielle et toute fructification; on verra plus loin que cette condition est fort importante. Le 11 octobre, on voit apparaître dans C les premiers cristaux d'acide gallique; ils ne commencent à se former dans B que le 12. Les jours suivants, les cristaux augmentent rapidement à mesure que les flocons se développent, et il se forme au fond du vase une couche mêlée de mycélium et de cristaux; le 14 octobre, le liquide de C ne précipite plus par la gélatine, la transformation y est complète après six jours; mais ce n'est que le 16 qu'elle est achevée dans B. Pendant tout ce temps, il ne s'est rien développé dans A, et le tannin y est encore aujourd'hui, après sept mois, inaltéré.

Cette expérience comparative montre que le simple développement

---

(1) Le tannin a été dosé, dans tout le cours de ces recherches, au moyen d'une dissolution titrée de gélatine contenant 5 grammes de gélatine par litre, suivant le procédé de Fehling. (*Journal de Pharmacie*, 3<sup>e</sup> série, t. XXVI, p. 52; 1854.)

du mycélium suffit à transformer le tannin dans l'infusion de noix de galle; on voit aussi que les deux Mucédinées ne paraissent pas agir avec la même activité; des deux, c'est l'*Aspergillus niger* qui, dans les circonstances actuelles de concentration et de température, possède la plus grande énergie.

2. *Végétation dans la dissolution aqueuse de tannin.* — Le 17 octobre 1867, j'introduis dans chacun des ballons A et B 200 centimètres cubes d'une dissolution filtrée de tannin du commerce, contenant 10 grammes de tannin par 100 centimètres cubes; je fais bouillir le liquide pendant quelques minutes, et je porte A à l'étuve; quand B est refroidi, j'y fais tomber des spores d'*Aspergillus niger*, après quoi je le place à l'étuve à côté du premier; les deux ballons sont ouverts. Les spores se développent les jours suivants dans B; le 25 octobre, le mycélium est bien formé, et les cristaux d'acide gallique ont commencé à se déposer; le mycélium se développe lentement ensuite, et le nombre des cristaux augmente peu à peu; mais ce n'est que le 10 novembre que la dissolution ne précipite plus par la gélatine. Ainsi la concentration et la quantité de tannin détruite étant les mêmes, où il suffisait de six à huit jours dans la noix de galle, il en faut vingt-trois, et souvent davantage, dans la dissolution aqueuse de tannin. Il ne s'est d'ailleurs rien développé dans le ballon A placé à côté du premier, et où je n'ai rien semé; le tannin y est demeuré inaltéré jusqu'au 8 décembre. Ce jour-là, je sème dans le liquide des spores d'*Aspergillus*; elles se développent les jours suivants et déterminent bientôt la formation de cristaux nombreux d'acide gallique; en un mot, quand on y a introduit des spores, ce ballon s'est comporté comme le premier. Il faut ajouter qu'il est rare de pouvoir ainsi conserver longtemps à l'étuve, dans un ballon à col droit et ouvert, une dissolution bouillie de tannin; j'en ai déjà cité un exemple à la page 33; le liquide reçoit le plus souvent, après quelques jours, des spores que l'air charrie, et qui s'y développent.

Ainsi la transformation se fait dans une dissolution aqueuse de tannin, aux mêmes conditions que dans l'infusion de noix de galle; mais elle y est beaucoup plus lente, surtout dans la seconde moitié de sa durée; assez active d'abord, elle ne s'achève que très-péniblement. La possibilité de ce développement s'explique, comme je l'ai déjà dit,

par les substances étrangères que contient le tannin du commerce. Quand on dissout dans l'eau 100 grammes de ce corps, il surnage une mousse verdâtre et grasse, qui, recueillie sur un filtre taré, pèse, après dessiccation, 3 à 4 grammes; mais ce n'est là que la partie insoluble des impuretés; une autre partie se dissout avec le tannin, et l'un des principes absorbe rapidement l'oxygène de l'air en passant au jaune rougeâtre: de là la coloration inévitable des dissolutions. C'est dans ces matières étrangères que le mycélium trouve les aliments azotés et minéraux qui lui sont nécessaires; mais cette source est pauvre: de là le développement pénible de la plante et la lenteur de la transformation; aussi les deux phénomènes s'accélèrent-ils en même temps si l'on ajoute au tannin un sel d'ammoniaque et des phosphates.

3. *Végétation avec nitrate d'ammoniaque et phosphates.* — Le 8 octobre, j'introduis dans deux flacons A et B, de 250 centimètres cubes de capacité, 200 centimètres cubes d'une dissolution bouillante, contenant, par 100 centimètres cubes, 10 grammes de tannin, 0<sup>gr</sup>,1 de nitrate d'ammoniaque et 0<sup>gr</sup>,1 de cendres de levûre; je bouche les flacons et les mets à l'étuve; quand ils en ont pris la température, je sème dans B des spores d'*Aspergillus niger*; elles se développent en mycélium; les cristaux d'acide gallique se déposent bientôt, et, le 13 octobre, le liquide ne précipite plus par la gélatine; dix jours ont suffi, là où il en fallait vingt-trois sans nitrate et phosphates. Le liquide A où je n'ai rien semé est encore inaltéré. J'ai souvent obtenu dans ces milieux artificiels une transformation aussi rapide, quelquefois même plus rapide que dans l'infusion de noix de galle.

4. *Concentration diverse.* — J'ai laissé jusqu'ici la concentration constante, et de 10 pour 100. La conversion du tannin se fait très-facilement, cela va sans dire, dans des liqueurs plus étendues, contenant, par exemple, 5 grammes ou 2<sup>gr</sup>,5 pour 100 centimètres cubes, et il m'a semblé que, dans ce cas, le *Penicillium glaucum* se développe plus facilement que l'*Aspergillus niger*, qui convient mieux, au contraire, aux dissolutions plus concentrées. Mais y a-t-il une limite supérieure? J'ai toujours vu la destruction du tannin s'opérer très-rapidement dans les

dissolutions les plus concentrées, celles qu'on obtient, par exemple, en dissolvant 100 grammes de ce corps dans 200 centimètres cubes d'eau; le phénomène revêt alors un aspect curieux. Les spores d'*Aspergillus* introduites dans ce liquide se développent en flocons de mycélium; dès le lendemain, des cristaux d'acide gallique se déposent en grand nombre; on les voit recouvrir les filaments du mycélium et y former des chapelets de plus en plus longs, qui bientôt se détachent pour constituer au fond du vase un dépôt blanc de plus en plus épais; c'est en quelque sorte à vue d'œil que se produisent et tombent ces chaînes cristallines, et l'on peut suivre ainsi, par sa manifestation extérieure, la marche du phénomène; après trois ou quatre jours, le dépôt de cristaux occupe tout le volume du liquide, et c'est alors au sein d'une pâte cristalline que le mycélium continue de se ramifier et de se nourrir pour achever peu à peu la transformation.

5. *Volume d'air nécessaire.* — L'air, avons-nous dit, est nécessaire au développement du mycélium. En effet, après avoir introduit les spores d'*Aspergillus niger* dans la dissolution, traitons-la comme il est dit au paragraphe I; les spores ne se développent pas, et le liquide demeure inaltéré. L'expérience a encore été faite de cette autre manière. Le 5 août 1867, on introduit dans un flacon de 150 centimètres cubes une infusion de noix de galle qui a subi une longue ébullition; on bouche le flacon exactement rempli; après le refroidissement, on débouche pour introduire des spores d'*Aspergillus*, on referme aussitôt, et on lute le bouchon à la cire. Le 15 octobre, aucun flocon de mycélium ne s'est développé, et le tannin est inaltéré; on ouvre le vase: le lendemain, de nombreux flocons se développent, et, le 25 octobre, il n'y a plus trace de tannin.

Mais si l'air est nécessaire au développement de la plante, il faut ajouter qu'un faible volume suffit à produire le poids de plante nécessaire à la transformation d'un poids considérable de tannin.

Le 10 octobre 1867, j'introduis dans un flacon de 240 centimètres cubes 200 centimètres cubes d'une dissolution bouillie, contenant 20 grammes de tannin, 0<sup>gr</sup>, 2 de nitrate d'ammoniaque, 0<sup>gr</sup>, 2 de cendres de levûre; quand le liquide est refroidi, je sème l'*Aspergillus niger*, et je bouche avec soin. Le 20 octobre, la transformation est complète;

40 centimètres cubes d'air, contenant 8 centimètres cubes d'oxygène, ont suffi, et au delà, pour transformer 20 grammes de tannin.

Le 5 août 1867, j'introduis dans un flacon 248 centimètres cubes d'une dissolution aérée de tannin, contenant 5 grammes de ce corps par 100 centimètres cubes; je sème l'*Aspergillus niger*, et je bouche soigneusement le flacon qui est exactement rempli, sauf une bulle d'air sous le bouchon. Le 7 août, un petit nombre de flocons se développent; ils grandissent jusqu'au 10, après quoi ils restent stationnaires, et se réunissent en une masse unique; le 24 novembre, on les retrouve dans le même état. Le dosage opéré ce jour-là montre que 2 grammes de tannin, c'est-à-dire un sixième du poids total, ont disparu. Il y a donc eu, aux dépens de l'oxygène dissous, germination des spores, développement de petits flocons de mycélium et transformation correspondante; après quoi, les choses sont demeurées indéfiniment dans le même état, tant du côté de la plante que du côté du tannin. Toutes les fois que, dans des conditions en apparence semblables, j'ai vu le mycélium continuer à se développer progressivement en détruisant peu à peu tout le tannin, j'ai pu m'assurer que le bouchon, qui tenait bien les premiers jours, avait cessé de fermer exactement.

Il suffit donc de la petite quantité d'air dissous pour que la plante puisse germer et atteindre un certain développement en produisant une certaine transformation corrélatrice. C'est ce qui nous a obligé, dans notre premier paragraphe, d'éliminer le gaz de la dissolution; c'est ce qui explique encore pourquoi on a pu observer quelquefois des transformations totales après un temps très-long, dans des flacons où l'accès de l'air extérieur paraissait interdit. Robiquet et M. Laroque s'y sont trompés, et en ont conclu que la conversion pouvait se faire à l'abri de l'air.

6. *Poids de plante formé.* — Cette circonstance trouve d'ailleurs son explication naturelle dans ce fait, que le mycélium, dont le développement provoque la destruction du tannin, a un poids excessivement faible, relativement au poids du tannin transformé. Si l'on a soin d'empêcher toute végétation superficielle, le poids du mycélium séché à l'étuve atteint ordinairement 0<sup>sr</sup>,010 pour 10 grammes de tannin détruit, c'est-à-dire 1 millième et quelquefois moins encore. Pour ali-

menter la respiration d'un poids de plante aussi minime, on comprend qu'il suffise d'une très-faible quantité d'oxygène.

7. *Substances nuisibles.* — Telles sont les principales conditions de la vie profonde de ces deux Mucédinées. Ajoutons que toutes les circonstances accidentelles qui gênent ou empêchent le développement de la plante gênent ou empêchent au même degré la transformation du tannin. L'addition d'une petite quantité d'alcool absolu, de quelques gouttes de créosote ou d'acide phénique, suffit à préserver ce corps de l'invasion du mycélium, et à en assurer la conservation indéfinie. Mais la plante a un pouvoir de résistance très-remarquable à l'égard de l'acide sulfurique; elle ne paraît gênée par l'acidité du milieu que quand on dépasse une dose qui paraît énorme pour un organisme aussi délicat. M. Laroque a étudié l'action des autres agents antiseptiques, et l'influence nuisible qu'il leur a vu exercer est le principal argument qu'il invoque pour assimiler ce phénomène aux fermentations ordinaires.

8. *Observations anciennes du mycélium.* — Maintenant que nous connaissons la cause prochaine de la transformation du tannin, il ne sera peut-être pas sans intérêt de remarquer que M. Laroque mentionne en passant, et sans y insister autrement, l'existence de la plante dont nous étudions les propriétés. « Il se dépose, dit-il, dans les liqueurs des flocons comme albumineux, qui, examinés au microscope, se présentent sous forme de buisson, d'où partent des branches qui se répandent assez loin » (1). C'est précisément le mycélium en question. C'est encore ce mycélium qui s'est développé quand M. Ed. Robiquet a vu, dans des dissolutions aqueuses de tannin, « se déposer, au bout de quatre jours, des flocons de nature albuminoïde, qui, avec la potasse, donnent un dégagement sensible d'ammoniaque » (2). Ces flocons, introduits dans une dissolution de tannin bouillie, y déterminent, après trois jours, une formation sensible d'acide gallique, et, après onze jours, une transformation totale. Pour donner une idée de l'état

---

(1) *Loc. cit.*, p. 204.

(2) *Loc. cit.*, p. 245.

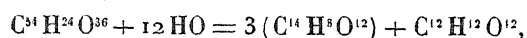


des esprits au sujet de la nature des fermentations en l'année 1854, il suffira de dire que M. Ed. Robiquet n'a pas même songé à examiner, comme l'avait fait M. Laroque, la structure de ces flocons, dont il reconnaissait l'action si efficace; ils sont de nature albuminoïde, et cela suffit; l'auteur se croit autorisé à en conclure que ce sont des flocons de pectase, qui, toute formée dans la noix de galle, a été entraînée à l'état soluble dans la préparation du tannin, et s'est d'abord redissoute avec lui pour se précipiter ensuite de nouveau en reprenant l'état de pectase insoluble.

Nous avons établi que c'est le développement du mycélium du *Penicillium glaucum* ou de l'*Aspergillus niger* qui provoque la transformation du tannin; nous avons analysé les conditions de milieu auxquelles sont liées la vie de la plante et la conversion qui lui est corrélative; examinons maintenant en quoi consiste cette conversion.

IV. — *La transformation du tannin est toujours un dédoublement en acide gallique et en glucose avec fixation des éléments de l'eau.*

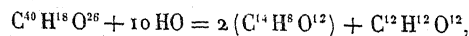
Sous l'influence de la vie et du développement du mycélium, le tannin se dédouble en acide gallique et en glucose avec fixation des éléments de l'eau suivant l'équation :



où l'on a triplé la formule primitive  $C^{14}H^8O^{12}$  donnée par MM. Pelouze et Liebig, pour lui faire représenter l'équivalent réel du tannin (1);

---

(1) M. Strecker altère la formule admise pour le tannin et le représente par  $C^{40}H^{18}O^{26}$ ; l'équation devient alors



c'est-à-dire que 466 grammes de tannin donnent 376 grammes d'acide gallique et 180 grammes de glucose, ou bien que 10 grammes de tannin produisent 8<sup>gr</sup>,06 d'acide gallique et 3<sup>gr</sup>,82 de glucose. La proportion d'acide gallique est sensiblement la même, mais le glucose est en proportion plus forte d'environ un quart. Comme je n'en ai jamais obtenu même la quantité indiquée par l'équation du texte, il m'a été impossible de décider entre les deux, et j'ai dû choisir celle qui, avec l'avantage de conserver l'ancienne formule du tannin, donne pour le glucose le nombre le plus faible.

c'est-à-dire que 636 grammes de tannin donnent 564 grammes d'acide gallique et 180 grammes de glucose, ou encore que 10 grammes de tannin produisent 8<sup>gr</sup>,02 d'acide gallique et 2<sup>gr</sup>,82 de glucose.

Je vais citer pour exemple une des nombreuses expériences que j'ai réalisées :

Le 17 octobre 1867, j'introduis dans un vase cylindrique ouvert 500 centimètres cubes d'une dissolution contenant 48<sup>gr</sup>,3 de tannin (50<sup>gr</sup> — 1<sup>gr</sup>,7 de résidu gras insoluble), 0<sup>gr</sup>,5 de nitrate d'ammoniaque, 0<sup>gr</sup>,5 de cendres de levûre. Je sème l'*Aspergillus niger*, et je place le vase à l'étuve à 35 degrés; dès le lendemain, les spores se développent en flocons légers; le 20, apparaissent les premiers cristaux d'acide gallique, et le 27 octobre, après dix jours, le liquide ne précipite plus par la gélatine. Le mycélium s'est développé abondamment dans les parties profondes, et l'on a eu soin d'empêcher toute végétation superficielle en refoulant les flocons qui tendaient à se placer à la surface. On filtre le liquide; le filtre taré retient à la fois les cristaux d'acide gallique et le mycélium; on le lave à l'eau bouillante jusqu'à ce que tout l'acide soit entraîné; le filtre, séché et pesé, donne pour le mycélium formé 0<sup>gr</sup>,022; c'est à peine  $\frac{1}{2000}$  du poids de tannin détruit. Le liquide évaporé dans une capsule tarée donne un résidu formé d'acide gallique et de glucose qui pèse 48<sup>gr</sup>,1; on le reprend par l'eau qui dissout le glucose et une partie de l'acide gallique; on jette sur un filtre taré, on lave, on sèche, on obtient pour l'acide gallique non dissous 23<sup>gr</sup>,5; le liquide filtré est précipité par un excès d'acétate de plomb; on fait bouillir, on pèse le gallate de plomb sec sur un filtre taré; on en déduit le poids d'acide gallique précipité, 15 grammes; acide gallique total, 38<sup>gr</sup>,5. Le liquide traité par un courant d'acide sulfhydrique qui élimine le plomb en excès, filtré et évaporé doucement, donne un sirop jaune, où le glucose est dosé par la liqueur titrée de Fehling; on en trouve 9<sup>gr</sup>,4, ce qui s'accorde avec la différence

$$48^{\text{gr}},1 - 38^{\text{gr}},5 = 9^{\text{gr}},6.$$

Théoriquement, 48<sup>gr</sup>,3 de tannin doivent donner 52<sup>gr</sup>,35 de résidu solide ainsi composé : 38<sup>gr</sup>,74 d'acide gallique et 13<sup>gr</sup>,61 de glucose. La comparaison avec les quantités obtenues par fermentation montre que l'acide gallique se retrouve tout entier, mais que le sucre est en

quantité notablement moindre; il y a eu perte ou plutôt utilisation spéciale de 4 grammes de glucose.

Ainsi, disparition d'une certaine quantité de sucre et production simultanée d'un mycélium, tels sont les deux faits corrélatifs qui s'observent pendant le dédoublement du tannin, et qui doivent servir à l'expliquer; le sucre disparu est employé à la fois à la formation des tissus de la plante et à la combustion incessante dont ils sont le siège, et qui constitue sa respiration.

Dans toutes les expériences faites dans ces conditions, j'ai toujours obtenu le poids total d'acide gallique indiqué par l'équation, et toujours aussi le sucre s'est trouvé en proportion notablement moindre, et d'autant plus inférieure au nombre théorique que la fermentation avait mis plus de temps à se terminer. Ceci m'amène à dire ce qui se passe une fois que tout le tannin s'est dédoublé, quand on laisse le liquide à l'étuve. On voit alors le mycélium continuer à se développer au fond du vase, en même temps que la quantité de glucose diminue progressivement. C'est ainsi que, dans une liqueur installée le même jour que la précédente et absolument dans les mêmes conditions, où la fermentation était achevée le 28 octobre, mais qui avait été laissée à l'étuve jusqu'au 15 novembre, j'ai retrouvé une proportion identique d'acide gallique, mais seulement 5<sup>es</sup>, 5 de glucose. Dans une autre expérience, où le liquide, après la destruction totale du tannin, a été laissé à l'étuve pendant un mois, et où l'on a eu soin d'empêcher pendant ce temps tout développement superficiel de mycélium, on a retrouvé encore tout l'acide gallique, mais seulement des traces de glucose. C'est cette marche des choses qui explique le résultat négatif obtenu par M. Ed. Robiquet, résultat qui l'avait conduit à affirmer que, dans sa transformation spontanée, le tannin ne produit pas de sucre, mais seulement de l'acide gallique.

Enfin, quand le glucose lui-même a disparu complètement pour alimenter le développement des tissus et la respiration de la plante, l'acide gallique, jusque-là respecté, est attaqué à son tour et diminue progressivement.

En résumé, c'est au glucose que le tannin peut lui fournir en se dédoublant, que la plante emprunte les aliments hydrocarbonés nécessaires à la constitution de ses tissus et à la combustion lente dont ils

sont le siège incessant, et cette circonstance explique le mécanisme du dédoublement.

*Fermentation alcoolique consécutive, fermentation industrielle.* — Mais si le glucose, une fois mis en liberté par le mycélium, peut, quand il ne reste plus de tannin, servir d'aliment carboné au développement ultérieur de la plante, il peut aussi alimenter au même titre d'autres organismes qui eussent été par eux-mêmes impuissants à le dégager de sa combinaison avec l'acide gallique; par exemple, il pourra subir la fermentation alcoolique avec production de son ferment particulier, la levûre de bière. Quoique je n'aie pas vu une seule fois, dans le cours de ces expériences, cette fermentation apparaître spontanément dans les liquides où le glucose se trouvait en liberté, même longtemps après la disparition du tannin, cependant il m'a été très-facile de la provoquer toutes les fois que je l'ai voulu. Il suffit d'introduire une petite quantité de levûre de bière dans la dissolution, après que le tannin y a disparu, ou du moins lorsqu'il n'en reste plus qu'une quantité insuffisante pour tuer les cellules de levûre en en coagulant le contenu albumineux, pour déterminer un dégagement abondant d'acide carbonique, une production d'alcool et une formation simultanée de nouvelles cellules de levûre : tout cela se comprend de soi-même. Mais ce fait, qui ne se présente que très-rarement ou pas du tout dans les recherches de laboratoire, surtout quand on n'emploie que des liquides filtrés et limpides, devient plus fréquent quand on se sert de la noix de galle pulvérisée, délayée dans l'eau. Braconnot a observé, dès 1818, les fermentations alcooliques qui se développent dans ces circonstances. Or, c'est précisément dans ces conditions que l'on se trouve dans la fabrication industrielle de l'acide gallique; j'ajoute que dans cette fabrication on a le plus grand intérêt à ce que le glucose soit promptement éliminé, car il se dissoudrait avec l'acide gallique dans l'eau ou dans l'alcool bouillants, par lesquels on traite la pâte, et il en empêcherait ensuite la cristallisation. La fermentation gallique, telle que la comprennent les industriels, n'est donc réellement achevée que quand le sucre a disparu en laissant à nu l'acide gallique facile à extraire désormais et à purifier. Or, comme cette disparition du sucre est le seul phénomène qui se manifeste à l'extérieur par un dégagement gazeux, les

fabricants prennent ce dégagement pour apprécier l'état de la fermentation gallique; pour eux, la fermentation gallique commence quand la masse pâteuse se soulève et se gonfle : le temps considérable qui s'écoule jusque-là, et pendant lequel la masse demeure affaissée et silencieuse, est jugée nécessaire à la destruction par l'eau des tissus de la noix et à la formation de la pâte; la fermentation gallique est en pleine activité quand la masse fortement boursouflée dégage beaucoup d'acide carbonique et de vapeurs alcooliques; elle est terminée quand la masse retombe et s'affaisse et que les petits cristaux d'acide gallique, débarrassés de l'enduit qui les empâtait, brillent à l'œil. Quand le dégagement gazeux tarde à se montrer, on dit que la fermentation gallique marche mal et on lui vient en aide en mêlant à la masse une assez forte proportion de ferment, c'est-à-dire de levûre de bière. En un mot, nous voyons que l'on mêle et que l'on confond lès deux fermentations distinctes qui se succèdent dans la même cuve; la première, invisible et silencieuse, produite par le mycélium de nos Mucédinées, que l'on a soin, en remuant la masse tous les jours, d'empêcher de vivre à la surface et d'y fructifier : c'est la vraie et seule fermentation gallique, celle où la plante dédouble le tannin en acide gallique et en glucose, en faisant disparaître une partie de ce dernier corps, pour former ses tissus et pourvoir à sa respiration; la seconde, tumultueuse et rapide, produite par la levûre de bière et qui porte sur le sucre restant pour le convertir en alcool et en acide carbonique, et permettre ainsi l'extraction facile de l'acide gallique; mais cette dernière ne commence et ne peut commencer qu'à une époque où il ne reste plus qu'une quantité très-faible de tannin, et où la première est presque entièrement terminée.

C'est une confusion semblable que fait M. Laroque, quand il dit en comparant la transformation du tannin à la fermentation alcoolique : « Je crois qu'il est impossible de séparer ces deux sortes de fermentation, car dans l'une comme dans l'autre il y a dégagement de gaz, dégagement de chaleur, développement de ferment et transformation d'un corps en un autre. Je dis qu'il y a dépôt de ferment : en effet, si l'on examine au microscope une poudre d'un blanc jaune ou grisâtre qui se dépose, soit dans une macération de noix de galle, soit dans une infusion filtrée, on retrouve dans ce dépôt toutes les propriétés du fer-

ment de bière; toutefois celui de la noix de galle est plus petit, les globules sont plus pâles et sous forme de chaînons... (p. 203). » Ces globules de levûre n'apparaissent que quand il y a fermentation alcoolique consécutive; leur existence et leur développement ne sont nullement liés à la fermentation gallique (1).

*Pouvoir rotatoire du tannin.* — Nous avons vu que, sous l'influence de la vie du mycélium et sauf une partie du glucose qui disparaît pour former et nourrir la plante, le dédoublement du tannin s'opère comme dans l'expérience de M. Strecker. Il convient maintenant de rappeler que M. Buignet (2) a ajouté à cette expérience un élément intéressant en déterminant le pouvoir rotatoire du sucre qui s'y produit et en montrant qu'il est de + 53 degrés, c'est-à-dire égal à celui du glucose d'amidon et de même sens que lui. J'ai de mon côté obtenu ce même nombre avec le sucre retiré du tannin par fermentation, en même temps que je me suis assuré que l'acide gallique n'exerce aucune action sur la lumière polarisée; tout au moins 4 grammes de cet acide dissous dans 30 centimètres cubes d'alcool n'ont-ils pas fait reparaitre l'image avec le tube de 20 centimètres. Voilà donc une substance, le tannin, regardée comme inactive, puisqu'il n'est dit nulle part qu'elle soit douée du pouvoir rotatoire, et qui, par une simple fixation d'eau, se dédoublerait en un corps dextrogyre, le glucose, et en un corps inactif, l'acide gallique. Or l'apparition de la propriété rotatoire moléculaire dans les dérivés d'un corps qui ne la possède pas lui-même serait un fait jusqu'à présent sans exemple. Le tannin est-il donc réellement inactif?

Je me suis assuré que le tannin dévie vers la droite le plan de polarisation de la lumière incidente.

La coloration jaune-rougeâtre des dissolutions, très-intense quand elles sont concentrées, et que je n'ai pu, avec le tannin que j'avais à

(1) En étudiant la transformation de l'urée en carbonate d'ammoniaque et de l'acide hippurique en acide benzoïque et en glycolamine, j'ai déjà eu l'occasion de signaler des circonstances où deux et même trois fermentations distinctes, simultanées ou successives, s'accomplissent au sein du même liquide, et de montrer que chacune d'elles a son ferment particulier absolument comme si elle était seule, que chacune d'elles est directe au même titre. (*Annales scientifiques de l'École Normale*, t. I; 1864.)

(2) BUIGNET, *Annales de Chimie et de Physique*, 3<sup>e</sup> série, t. LXI; 1861.

ma disposition, ni éviter, ni faire disparaître, rend très-difficiles les mesures précises du pouvoir rotatoire avec l'appareil de Biot. Mais le nouveau polarimètre de Wild-Hofmann, qui donne des rotations assez grandes avec un tube de 5 centimètres, m'a été, dans cette circonstance, d'un précieux secours. Avec ce petit appareil, une dissolution limpide de 32<sup>sr</sup>,8 de tannin dans 125 centimètres cubes d'eau distillée, m'a donné dans le tube de 0<sup>m</sup>,05, et à la température de 16 degrés, une rotation de 5 degrés, qui, rapportée à l'analyseur, se fait vers la droite. On a donc pour le pouvoir rotatoire du tannin :

$$\rho = \alpha \frac{v}{pl} = +5^{\circ} \frac{125}{32,8 \times \frac{1}{2}} = +38^{\circ},1 \quad \rho = +38^{\circ},1.$$

Ainsi point d'anomalie : le tannin possède un pouvoir rotatoire de même sens que celui du glucose qu'il produit, et qui est à ce dernier comme 1 est à 1,4; mais si l'on compare la quantité totale d'action rotatoire moléculaire du milieu, avant et après la fermentation, on voit qu'elle a diminué dans le rapport de 38 à 15.

V. — *Quand la plante vit et fructifie à la surface, elle brûle directement le tannin sans le dédoubler.*

Nous avons jusqu'ici, dans toutes nos expériences, évité avec soin la végétation superficielle du mycélium. C'est qu'en effet, pour que le dédoublement que nous venons d'étudier s'opère intégralement, il est nécessaire que la plante vive et se développe dans la profondeur de la dissolution; nous savons que le poids des flocons de mycélium formés est alors très-faible, 1 millième environ du poids de tannin transformé, et quelquefois moins encore. Laissons au contraire la Mucédinée s'étaler à la surface et y former une membrane continue, bientôt recouverte d'innombrables fructifications, et nous la verrons agir tout autrement. La plante brûle alors rapidement et directement le tannin en exhalant de grandes quantités d'acide carbonique; il ne se fait de dédoublement que celui qui correspond au faible développement des parties plongées du mycélium, et le glucose formé est brûlé à son tour et disparaît avant l'acide gallique; de sorte que tout ce qu'on retire d'une dissolution

concentrée de tannin, après quelques jours d'une végétation superficielle active, c'est une faible quantité d'acide gallique. Prolonge-t-on un peu l'action, après la destruction du tannin, le résidu est sensiblement nul, l'acide gallique ayant été brûlé à son tour. Mais, en revanche, le poids de plante formé dans ces conditions est très-considérable et peut atteindre  $\frac{1}{10}$  et jusqu'à  $\frac{1}{4}$  du poids du tannin détruit.

Prenons un exemple :

Le 19 octobre 1867, je mets à l'étuve, dans un cristalliseur, 300 centimètres cubes d'une dissolution contenant 14<sup>gr</sup>,55 de tannin purifié, 0<sup>gr</sup>,3 de nitrate d'ammoniaque, 0<sup>gr</sup>,3 de cendres de levûre, et je projette à la surface des spores de *Penicillium glaucum*. Le 21, la surface est à moitié recouverte d'un mycélium membraneux déjà verdissant; quelques flocons flottent dans le liquide; le 23, elle est entièrement envahie par une magnifique couche verte qui s'épaissit et se développe encore les jours suivants en se creusant de rides profondes et en laissant exsuder de nombreuses gouttelettes d'eau. Le 28 octobre, je mets fin à l'expérience : le développement des flocons intérieurs est demeuré très-faible; il ne s'est pas déposé de cristaux d'acide gallique. La plante, recueillie sur un filtre taré, lavée à l'eau bouillante et séchée, pèse 3<sup>gr</sup>,10. Le liquide, évaporé dans une capsule tarée, laisse un résidu de 3<sup>gr</sup>,40; la différence avec 15<sup>gr</sup>,15, 11<sup>gr</sup>,75, donne le poids de matière disparue; 11<sup>gr</sup>,75 de matière ont donc été absorbés par la plante, et fixés ou répandus par elle dans le milieu extérieur; en retranchant le poids de la plante formée, on a 8<sup>gr</sup>,65 pour la matière consommée. Les 3<sup>gr</sup>,40 de résidu, en négligeant ce qui peut y rester de nitrate d'ammoniaque et de phosphates, sont redissous et traités par une liqueur titrée de gélatine dont il faut 35 centimètres cubes pour précipiter entièrement 0<sup>gr</sup>,2 de tannin; il en faut 365 centimètres cubes pour obtenir la précipitation totale, ce qui correspond à 2<sup>gr</sup>,1 de tannin non détruit. On filtre la liqueur, on la précipite par un excès d'acétate de plomb, on fait bouillir, on filtre, et l'on obtient 5 grammes de gallate de plomb sec, qui contiennent 1<sup>gr</sup>,4 d'acide gallique formé : total, 3<sup>gr</sup>,5. Il n'y a donc pas de glucose dans le résidu : ce qu'on vérifie en s'assurant que la liqueur débarrassée par l'acide sulfhydrique de l'excès de plomb qu'elle renferme, et filtrée, ne précipite pas la liqueur de Fehling. En somme, il a disparu 12<sup>gr</sup>,45 de tannin, et comme 1<sup>gr</sup>,4 d'acide gallique



formé correspond à 1<sup>gr</sup>,74 de tannin dédoublé, et à 0<sup>gr</sup>,49 de glucose produit, mais brûlé ensuite par la plante, ces 12<sup>gr</sup>,45 de tannin se décomposent ainsi :

Tannin disparu....	12 <sup>gr</sup> ,45	}	Tannin brûlé directement sans être dédoublé.....	10 <sup>gr</sup> ,71
			Tannin dédoublé..	1 <sup>gr</sup> ,74
			{	Glucose brûlé consé-
				cutivement.....
				Acide gallique restant.
				0 <sup>gr</sup> ,49
				1 <sup>gr</sup> ,40

Dans une autre expérience installée le 25 octobre, 300 centimètres cubes d'une dissolution contenant 29 grammes de tannin purifié, et une petite quantité de nitrate d'ammoniaque et de cendres de levûre, ont été placés à l'étuve dans un très-large cristalliseur. On y projette des spores d'*Aspergillus niger*, qui, au bout de trois jours, ont envahi toute la surface en y formant une magnifique croûte, couverte de fructifications d'abord jaunes, puis d'un brun chocolat, enfin noires et exhalant une forte odeur musquée; les jours suivants, la plante continue de s'étendre et sa surface se creuse de rides profondes, en même temps qu'elle se couvre de nombreuses et fines gouttelettes d'eau. Le 3 novembre, après huit jours d'action, on enlève la plante; elle pèse, lavée et sèche, 3<sup>gr</sup>,5. Le liquide évaporé laisse un résidu de 2<sup>gr</sup>,6, où l'analyse montre 1<sup>gr</sup>,1 de tannin non encore détruit, et 1<sup>gr</sup>,5 d'acide gallique formé, correspondant à 1<sup>gr</sup>,9 de tannin dédoublé, sans qu'il y ait traces de glucose. Ainsi :

Tannin disparu....	27 <sup>gr</sup> ,90	}	Tannin brûlé sans dédoublement.....	26 <sup>gr</sup> ,00
			Tannin dédoublé par le mycélium profond.	1 <sup>gr</sup> ,9
			{	Glucose brûlé consé-
				cutivement.....
				Acide gallique restant.
				0 <sup>gr</sup> ,52
				1 <sup>gr</sup> ,50

Le poids total de matière disparue en huit jours est de 26<sup>gr</sup>,52, qui ne sont représentés que par 3<sup>gr</sup>,5 de plante; le reste, 23 grammes, a été consumé.

C'est pendant les deux premiers jours qui suivent l'ensemencement, quand les plaques superficielles issues de la germination des spores n'ont pas encore, en se rencontrant et en s'enchevêtrant, envahi toute

la surface du liquide, que les flocons intérieurs, vivant aux dépens de l'oxygène dissous, provoquent le faible dédoublement que nous avons constaté dans les exemples précédents; il y a tout à la fois, pendant cette courte période, combustion directe du tannin à la surface et dédoublement dans la profondeur. Mais aussitôt que la surface est entièrement recouverte par le champignon en voie de fructification, il ne peut plus arriver désormais d'oxygène aux flocons profonds; ils cessent alors de se développer et d'agir; ils se comportent comme s'ils se trouvaient dans un flacon rempli et hermétiquement bouché, et le dédoublement en demeure indéfiniment au point où il était au moment de l'occlusion superficielle; la plante n'agit plus alors sur le milieu que par combustion directe, en faisant rapidement disparaître le tannin. Il en résulte qu'on peut donner à l'expérience une forme saisissante.

On introduit la dissolution de tannin dans un matras à long col qu'elle remplit jusque vers le sommet, et l'on projette à la surface les spores d'*Aspergillus niger*; elles germent et constituent en moins d'une demi-journée une pellicule qui occupe toute la surface du liquide en se relevant un peu sur le pourtour pour adhérer au verre, et qui fructifie bientôt; cette membrane absorbe avidement l'oxygène de l'air à mesure qu'il lui arrive, pour le convertir en acide carbonique; elle joue ainsi le rôle d'un excellent bouchon qui empêche l'oxygène d'arriver jamais au liquide sous-jacent. Il se forme bien çà et là, dans la profondeur de ce dernier, aux dépens de l'air dissous, quelques petits flocons de mycélium, mais leur développement s'arrête forcément quand cette source précaire est épuisée, et le tannin se conserve désormais et pendant plusieurs mois sans se dédoubler. Ainsi un ballon à fond plat, renfermant 700 centimètres cubes d'une dissolution contenant 70 grammes de tannin, du nitrate d'ammoniaque et des phosphates, mis à l'étuve le 19 octobre 1867, dans les conditions précédentes, n'avait pas encore laissé déposer, le 15 février 1868, un seul cristal d'acide gallique; mais le tannin avait peu à peu disparu dans le col et dans le tiers supérieur du matras, où le liquide s'était presque décoloré; des stries et une coloration de plus en plus forte indiquaient l'accroissement de densité de la dissolution à mesure qu'on s'approchait du fond. On peut arriver ainsi à faire disparaître, avec le temps, tout le tannin d'une dissolution, par simple combustion directe, sans qu'il se forme plus

qu'une quantité insignifiante d'acide gallique. La vie superficielle de la Mucédinée tue sa végétation profonde.

Suivant la manière dont elle se développe, la même plante peut donc tour à tour dédoubler le tannin sans en brûler la moindre partie, ou le brûler purement et simplement sans le dédoubler, c'est-à-dire prendre le carbone qui lui est nécessaire, tantôt au sucre du tannin, tantôt au tannin lui-même. Ces combustions rapides et totales de matières organiques, par la végétation superficielle des végétaux microscopiques et le rôle important qu'elles jouent dans l'économie de la nature, ont été étudiés pour la première fois par M. Pasteur; nous en voyons ici un nouvel et curieux exemple (1).

Au point de vue industriel, il résulte de ce qui précède qu'il faut bien se garder de laisser le mycélium vivre et fructifier à la surface de la pâte, de la laisser *moisir*, comme on dit; car, si le glucose est éliminé promptement par cette voie, ce qui est un avantage industriel, si l'acide gallique produit n'est pas brûlé tant qu'il reste du sucre, nous savons qu'une partie considérable du tannin disparaît en même temps par combustion directe et sans se dédoubler, ce qui diminue beaucoup le rendement. De là une pratique très-simple, mais très-importante, à laquelle je pense que les industriels ne manquent jamais aujourd'hui, sans peut-être en bien comprendre la raison: celle de remuer tous les jours de fond en comble la masse à fermenter. On évite ainsi toute fructification et toute combustion superficielle, et le dédoublement du tannin s'opère intégralement; le glucose reste, il est vrai, dans la masse, mais on en est quitte pour l'éliminer par voie de fermentation alcoolique subséquente. C'est sans doute parce qu'anciennement on négligeait

---

(1) Chaque année les végétaux jonchent la terre de leurs débris; comment se fait le retour de ces organes morts au sol et à l'atmosphère d'où ils sont issus? En d'autres termes, comment les composés si complexes qui les constituent reviennent-ils aux formes simples de la nature minérale? Nos expériences éclairent la question en ce qui concerne le tannin. On sait en effet que les organes séparés de la plante, les feuilles notamment, sont rapidement envahis par le mycélium de Mucédinées diverses, parmi lesquelles on rencontre les *Penicillium* et les *Aspergillus*; ce mycélium, en se développant dans l'intérieur de l'organe, y dédouble le tannin, en absorbant une partie du sucre pour constituer ses propres tissus; puis, venant fructifier à la surface, il brûle d'abord le reste du sucre et le tannin non encore dédoublé, après quoi il consume peu à peu l'acide gallique.

ette pratique, parce qu'on laissait moisir plus ou moins complètement la pâte, qu'il est dit dans certains auteurs que, par le procédé de Scheele, on ne retire de la noix de galle que 8 pour 100 d'acide gallique (1). La noix de galle contient de 40 à 66 pour 100 de tannin, qui doivent donner, si l'on évite toute perte par combustion, de 32 à 53 pour 100 d'acide gallique cristallisé, c'est-à-dire 4 à 7 fois plus que la proportion précédente; je me suis assuré, par des essais où j'ai imité en petit les conditions industrielles, que la quantité d'acide gallique est, en effet, supérieure au tiers, et atteint souvent la moitié du poids de la noix. Mais revenons au dédoublement du tannin.

VI. — *La plante n'émet pas de principe soluble capable d'agir en dehors de l'organisme.*

Il nous reste à montrer que c'est bien par le fait même de sa vie et de son développement que le mycélium dédouble le tannin, et non par l'action de principes solubles sécrétés par lui et capables d'agir en dehors de l'organisme.

Nous savons déjà que quand les spores germent dans une dissolution aérée, mais enfermée dans un flacon bouché qu'elle remplit entièrement, elles produisent des flocons qui grandissent tant qu'il reste de l'oxygène dissous, mais qui s'arrêtent ensuite dans leur développement; on les retrouve avec le même aspect au bout de plusieurs mois. Or, de même qu'ils sont stationnaires, ils sont inactifs, et le dosage du tannin, exécuté immédiatement après leur arrêt de développement, et six mois plus tard, donne exactement le même résultat. Il n'en serait pas ainsi si la plante pouvait agir en dehors d'elle par les principes solubles qu'elle contient: l'action se continuerait alors et s'achèverait. Mais complétons la démonstration par de nouvelles expériences.

Nous avons introduit, le 22 octobre 1867, dans une série de flacons contenant, les uns une dissolution de tannin, les autres une infusion filtrée de noix de galle, un mycélium abondant extrait d'une ferment-

---

(1) PELOUZE et FREMY, *Traité de Chimie*, 1<sup>re</sup> édition, t. IV, p. 306.

tation en activité, et après avoir traité ces liquides comme il est indiqué au premier paragraphe, nous les avons mis à l'étuve, à côté de deux autres flacons où nous avons pareillement introduit du mycélium, mais en les laissant ouverts. Dans tous les flacons de la première série, le tannin est encore aujourd'hui, après plus de six mois, inaltéré; dans les seconds, le mycélium s'est développé, et la transformation s'est promptement achevée.

Ainsi, dans les circonstances où elle peut agir chimiquement, mais où tout développement lui est interdit, puisqu'elle ne possède pas trace d'oxygène, la plante reste inactive. Elle n'agit donc que par le fait même de son développement et de sa nutrition, et nullement par l'action chimique des liquides qu'elle renferme.

La même impuissance se révèle si l'on broie le mycélium avec un peu d'eau, et si l'on ajoute le suc filtré à une dissolution de tannin sur laquelle on fait ensuite le vide.

Des expériences de notre premier paragraphe, combinées avec celles-ci, il résulte qu'il ne saurait être question ici de ferment soluble d'aucune sorte, ni préexistant dans la noix de galle, ni contemporain de la vie du mycélium, ni postérieur à sa destruction : c'est la nutrition même de la plante, et cette nutrition seule, qui provoque le dédoublement du tannin.

La nécessité du contact de l'air, pendant tout le temps de la fermentation, nous a donc permis de donner une preuve directe de l'impuissance des principes solubles du ferment, ou du ferment tout entier, quand on lui interdit de se développer, preuve qui ne se peut apporter ni dans la fermentation alcoolique, ni dans aucune de celles où l'air n'agit que comme véhicule du ferment et non comme aliment.

## VII. — *Conclusions.*

En résumé, nous voyons que la transformation du tannin à la température ordinaire est toujours un dédoublement en acide gallique et en glucose avec fixation des éléments de l'eau, et que ce dédoublement est toujours corrélatif de la vie et du développement d'un être organisé végétal, qui a, cette fois, sa place bien connue dans nos classifications :

c'est le mycélium du *Penicillium glaucum* Link, ou celui de l'*Aspergillus niger*.

A ce titre, ce phénomène rentre donc sous l'énoncé général des fermentations proprement dites, telles que les travaux de M. Pasteur nous les ont fait connaître; mais il se présente ici une circonstance intéressante qui caractérise un type nouveau. Notre plante, en effet, a besoin, pour vivre, de l'oxygène de l'air; dans la fermentation alcoolique et dans toutes celles qui se rattachent au même type, la levûre en est, au contraire, indépendante. Les vues théoriques de M. Pasteur sur le mode d'action des ferments n'en subsistent pas moins, pourvu qu'on en généralise l'application. Dans les fermentations ordinaires, le ferment prend l'oxygène qui lui est nécessaire à la substance fermentescible, dont l'équilibre se trouve dès lors détruit et qui se résout en groupements nouveaux; ici ce n'est point l'oxygène, c'est le sucre que notre ferment enlève au tannin, parce que lui seul peut fournir à la plante dans sa vie profonde l'aliment hydrocarboné indispensable à la constitution de ses tissus; d'où encore rupture d'équilibre et dédoublement.

On connaît donc maintenant, sans parler des combustions totales que M. Pasteur a étudiées le premier et dont j'ai apporté plus haut un nouvel exemple, trois types distincts de fermentations accomplies par les êtres vivants : 1° fermentation acétique; 2° fermentation alcoolique et ses congénères : lactique, butyrique, etc.; fermentations ammoniacale et benzoïque; 3° fermentation gallique; et cette dernière nous introduit, pour la première fois, dans le domaine de végétaux beaucoup plus élevés en organisation que les ferments antérieurement connus.

Je ne saurais enfin terminer cet exposé sans rapprocher le phénomène que nous venons d'étudier de celui que, d'après les recherches de M. Pasteur, le *Penicillium glaucum* réalise quand il décompose le paratartrate acide d'ammoniaque en ses tartrates droit et gauche constituants, pour détruire le sel droit et isoler le sel gauche (1).

---

(1) Dans des expériences encore inédites, M. Pasteur a reconnu : 1° que le *Penicillium glaucum* peut détruire à son tour le tartrate gauche; 2° que les tartrates gauches de chaux et d'ammoniaque peuvent, eux aussi, fermenter, quoique beaucoup plus difficilement que les sels droits correspondants.

VIII. — *Description d'une nouvelle espèce d'Aspergillus.*

ASPERGILLUS NIGER . — Flocci in liquoris steriles, sphaerici, laxati, e filamentis radiatis articulatis ramosissimis compositi.

Flocci summi liquoris fertiles, hemisphaerici, in discos fusi quorum conjunctione et intertextu membrana continua brevi constituitur. Stipites erecti, simplices, continui, ad basim geniculati; capituli basidiis elongatis, radiatis, confertis, omnino tecti; catenae sporarum fasciculatim junctae, subaequales; sporae sphaericae, verrucosae, nigrescentes,  $0^{\text{mm}},004$  ad  $0^{\text{mm}},005$  diametro aequantes.

*Hab.* — In dilutis gallis, in solutis tannino, saccharo, acido citrico, acido tartrico, etc.; in pane humido, in urina acidâ, in foliis deciduis, etc. — Diffusissima species.

J'ai dit que, par leurs filaments plus gros, par leur texture plus lâche et dépourvue de reflets irisés, les flocons profonds d'*Aspergillus niger* se distinguent à première vue de ceux de *Penicillium glaucum* qui sont très-denses, formés de filaments plus minces et chatoyants. Les cellules constitutives du mycélium sont remplies de protoplasma transparent creusé de larges vacuoles; elles n'ont pas, comme celles du *P. glaucum*, plusieurs noyaux solides; leur diamètre est de  $0^{\text{mm}},005$  à  $0^{\text{mm}},006$ , pour une longueur six à dix fois plus grande. En se développant, ces flocons se rejoignent et s'enchevêtrent pour former une masse assez irrégulière qui continue de s'accroître sur toute sa périphérie. C'est sous cette forme stérile et profonde, où elle ne respire que par l'oxygène dissous, que la plante agit comme ferment pour dédoubler le tannin en acide gallique et en glucose.

Les flocons qui se développent à la surface sont d'abord hémisphériques, puis ils s'étalent en disques qui s'accroissent concentriquement, de telle sorte que, s'il y a des variations dans la température, et, par suite, dans la vitesse d'accroissement périphérique, ces variations sont inscrites sur le disque par des cercles concentriques. Bientôt ces îlots se rencontrent, s'enchevêtrent et constituent en définitive une membrane continue. C'est perpendiculairement à la surface des disques que s'élèvent les filaments réceptaculaires. Ceux-ci sont simples, unicellulaires, cylindriques, géniculés à la base où ils s'insèrent à la fois par leur extrémité et par le point d'inflexion sur le filament horizontal du mycélium qui les porte; ils sont remplis par un protoplasma finement granuleux qui se colore en jaune à la maturité; leur membrane, mince

d'abord, s'épaissit fortement plus tard; leur diamètre, double ou triple de celui des cellules du mycélium, varie de  $0^{\text{mm}},011$  à  $0^{\text{mm}},016$ ; ils atteignent souvent 1 millimètre de hauteur. Ils parviennent à leur longueur totale en restant cylindriques, puis leur extrémité se renfle en un capitule sphérique d'abord lisse, mais dont la surface se couvre bientôt de sortes de verrues contiguës les unes aux autres, qui, en s'allongeant, forment des basides rayonnantes extrêmement serrées, implantées sur la face externe du capitule dont la paroi fortement épaissie laisse voir deux couches très-distinctes. Ces basides sont très-étroites,  $0^{\text{mm}},0025$ , mais leur longueur atteint  $0^{\text{mm}},012$  à  $0^{\text{mm}},015$ , c'est-à-dire trois à quatre fois le diamètre des spores qu'elles portent; incolores d'abord, elles sont d'un jaune brun à la chute des spores. Chacune de ces basides développe par segmentation de son extrémité un chapelet de spores qui, d'un jaune citron d'abord, passent rapidement au brun chocolat de plus en plus foncé, et quelquefois au noir; ces chapelets rayonnants sont réunis d'abord latéralement en un faisceau unique qui se brise ensuite en faisceaux prismatiques distincts; ils s'isolent plus tard, et les spores elles-mêmes se détachent et tombent. Ces spores sphériques demeurent assez longtemps lisses; elles sont déjà d'un brun chocolat foncé qu'on trouve encore leur contour circulaire; mais au moment d'atteindre leur maturité, elles se hérissent de nombreuses aspérités, qui les font ressembler à celles de l'*Aspergillus glaucus*. Elles dégagent une forte odeur d'encre de Chine, qui paraît plus forte dans le cours de leur développement qu'après leur maturité complète. Leur diamètre est de  $0^{\text{mm}},004$  à  $0^{\text{mm}},005$ .

L'*Aspergillus glaucus* n'a pas le réceptacle géniculé vers sa base; ses basides sont très-courtes et ovoïdes, et ses spores vertes, près de quatre fois plus grosses, atteignent, d'après Corda,  $0^{\text{mm}},017$ .

Notre plante apparaît spontanément, avec ou sans le *Penicillium glaucum*, sur les infusions de noix de galle ou sur les dissolutions de tannin abandonnées au contact de l'air. Dans les expériences qui font l'objet de ce Mémoire, j'ai dû surtout me préoccuper de la semer et de la cultiver, soit dans des infusions de noix de galle, soit dans des dissolutions de tannin contenant en outre du nitrate d'ammoniaque et des cendres de bois ou de levûre. Mais je l'ai semée aussi, cultivée et récoltée en grande quantité et avec tous ses caractères, dans les milieux



les plus divers : sur du pain mouillé, sur des tranches de citron et d'orange, sur de l'urine demeurée acide, sur des feuilles mortes, etc.; enfin sur différents milieux artificiels où le sucre, l'acide tartrique libre et le bitartrate d'ammoniaque servaient tour à tour d'aliment hydrocarboné à la plante.

C'est donc une espèce qui s'accommode aux conditions de milieu les plus diverses et qui est par conséquent très-répandue dans la nature. C'est elle encore, comme nous nous en sommes assurés ensemble par une comparaison attentive, que, depuis plusieurs années, M. Raulin sème, cultive et récolte en grande abondance sur des milieux artificiels définis et de constitution variée, dans cette belle série de recherches sur les principes minéraux nécessaires à la végétation des Mucédinées dont les premiers résultats ont été publiés en 1863 (*Comptes rendus*, t. LVII, p. 228), et dont l'exposé complet ne tardera pas à paraître.

Les caractères de notre espèce étant ainsi reconnus fixes et indépendants de la nature du milieu, il nous reste à examiner si elle est réellement nouvelle.

C'est la couleur des spores qui a prévalu dans la dénomination des *Aspergillus*; ainsi on a les *Aspergillus candidus*, *flavus*, *aurantiacus*, *ferugineus*, *virens*, *glaucus*, *roseus*, etc.; c'est cette circonstance qui m'a guidé dans l'appellation de l'espèce nouvelle. Deux *Aspergillus* à spores noirâtres ont été cependant décrits, l'un par M. Ch. Robin, en 1848, sous le nom d'*Aspergillus nigrescens* (*Hist. nat. des végétaux parasites*, p. 518 et *Pl. V, fig. 2*), l'autre tout récemment, en 1867, par M. Robert Wreden, sous celui d'*Aspergillus nigricans* (*Comptes rendus*, t. LXV, p. 368).

M. Ch. Robin a rencontré l'*Aspergillus nigrescens* sur des productions morbides tapissant les sacs aériens d'un faisan phthisique. Le filament réceptaculaire y est formé d'une série de cellules articulées bout à bout, caractère qui rapproche cette espèce des *Aspergillus ovalispermus*, *macrosporus* et *griseus*, en l'éloignant des *Aspergillus glaucus* et *mucoroïdes*; les spores sont lisses et plus petites; les cellules du mycélium ont un diamètre moitié plus faible (0<sup>mm</sup>,002 à 0<sup>mm</sup>,003), et elles contiennent chacune plusieurs noyaux solides. Ces caractères paraissent établir que cette espèce est bien distincte de la nôtre. Mais peut-être n'en est-elle qu'une variété déterminée par les conditions si particulières du milieu

animal où la plante se développait; la culture seule du parasite sur les milieux végétaux ordinaires, ou sur des milieux artificiels, pourrait résoudre cette question.

D'autre part, M. Wreden, en étudiant une affection particulière et très-opiniâtre de l'oreille humaine, a observé le développement sur la membrane du tympan de deux nouvelles formes d'*Aspergillus* parasites, qui ne diffèrent de l'*Aspergillus glaucus*, dont elles possèdent tous les autres caractères, que par la couleur des spores : il les appelle *Aspergillus flavescens* et *nigricans*. Mais, en semant ces deux sortes de spores sur des tranches d'orange ou de citron, l'auteur les a vues germer et reproduire en tous points l'*Aspergillus glaucus* avec la couleur verte ordinaire de ses spores. Ces parasites ne sont donc pas des espèces autonomes, mais de simples variétés de l'*Aspergillus glaucus*, produites par les caractères particuliers du milieu animal dans lequel elles croissent,

Nous savons qu'il est loin d'en être de même de notre *Aspergillus niger*, dont l'autonomie spécifique se trouve ainsi bien établie, mais qui cependant, par l'ensemble de ses caractères, me paraît se rapprocher de l'*Aspergillus glaucus* plus que d'aucune autre espèce du même genre.

Il ne sera peut-être pas sans intérêt de remarquer, en terminant, que M. Wreden, pour arriver à guérir la maladie que la végétation des *Aspergillus* détermine dans l'oreille humaine, a étudié l'action qu'exercent sur ces végétaux divers agents chimiques. Parmi les meilleurs parasitocides, l'auteur range, à côté de l'acide phénique, le *tannin*. « Ce corps, dit-il, détermine en premier lieu la coagulation du protoplasma et, consécutivement, une sorte de momification très-remarquable de tout le végétal. » Ce résultat ne laissera pas que de paraître étrange si l'on se rappelle avec quelle rapidité, avec quelle énergie notre *Aspergillus niger* se développe dans les dissolutions de tannin, même les plus concentrées, et l'étonnement ne diminuera pas si j'ajoute qu'il m'est arrivé à plusieurs reprises d'observer, dans ce même milieu, l'apparition accidentelle de quelques îlots d'*Aspergillus glaucus* égarés au milieu d'une couche compacte de *Penicillium glaucum*.