

plus grande partie des germes de l'air, la pureté de l'air des hauts sommets, la destruction, à une lumière intense, des levures végétant normalement sur les grains de raisin, l'affaiblissement de certaines fermentations, comme celle qui produit l'acide acétique, quand la bactérie qui la détermine est exposée aux rayons du soleil, la propagation par un temps lourd et chaud de certaines maladies occasionnées chez les plantes par divers Champignons, etc. On a remarqué, en effet, que, chez ces derniers, les spores de plusieurs espèces sont influencées défavorablement par le libre accès de la lumière; il est possible que, chez les spores et les cellules reproductrices, qui sont obligées de commencer ou de continuer leur développement à la lumière, les matières colorantes dont elles sont si souvent pourvues jouent le rôle d'écrans absorbants. On ne saurait, en tout cas, méconnaître la portée de ces questions, non seulement dans la théorie des germes des maladies, mais encore dans tout le domaine de la science biologique.

4° **Modifications de forme et de fonction.** — Ajoutons enfin que la lumière occasionne, dans certains cas, des modifications de forme et de fonction. Si les premières sont peu saillantes, les secondes sont parfois bien manifestes. Il y a d'abord l'atténuation de la virulence de plusieurs espèces pathogènes, telles que le Bacille du charbon, du choléra, etc. Il y a ensuite la perte du pouvoir chromogène de certaines espèces, telles que le Bacille rouge de Kiel, dont la couleur disparaît au soleil, surtout en présence de l'air; il en est de même, d'après d'Arsonval et Charrin, pour les pigments du Bacille pyocyanique. Laurent a constaté que la culture colorée du Bacille rouge de Kiel, remise à l'obscurité, ne reprend pas sa couleur primitive: le trouble fonctionnel survit à la cause. De plus, le réensemencement longtemps continué de ces cultures décolorées a donné des cultures qui sont toujours restées incolores dans tous les milieux essayés, à la condition d'opérer à la température où elles s'étaient produites. Ici encore, ce sont les radiations les plus réfrangibles qui paraissent être les plus actives. Mais on voit aussi que la lumière n'est pas le seul facteur qui entre en jeu dans la production et la conservation de cette race nouvelle, et nous aurons l'occasion de retrouver des faits analogues chez d'autres Bactéries chromogènes.

C. **Pression.** — On sait par les expériences de Paul Bert que toute cellule vivante peut être tuée sous une certaine pression d'oxygène. Entre la limite inférieure physiologique, où s'exerce la respiration normale d'un microbe à l'état de végétation active et où se produit l'atténuation quand la végétation est en souffrance et la limite supérieure toxique, il y a toute une zone d'atténuation qui a été étudiée avec soin par Chauveau avec le Bacille du charbon, à une température voisine de 57°.

Mais quelle serait l'action physique de la pression en présence d'un gaz inerte sur les manifestations vitales des microbes? C'est ce que l'on ne sait pas encore.

Certes avait cru que la putréfaction se produit encore sous une pression de 450 à 500 atmosphères. En opérant à 700 atmosphères, Regnard n'a remarqué de putréfaction dans aucune de ses expériences; mais il reste à savoir jusqu'à quel point la vitalité des microbes était suspendue ou supprimée. Ces essais n'indiquent pas, d'ailleurs, la part qui peut revenir à l'oxygène de l'air dans les résultats.

D'Arsonval et Charrin ayant soumis à une pression de 50 atmosphères, sous l'acide carbonique, le Bacille pyocyanique en culture sur agar, ont vu ce microbe périr au bout de 10 heures. Après 6 heures, il ne manifestait plus sa fonction pigmentaire quand on le portait sur un nouveau milieu de culture. Peut-être, dans ce cas, l'acide carbonique n'agit-il pas simplement comme un gaz inerte.

D'autres microbes paraissent moins sensibles. En faisant agir l'acide carbonique sous une pression de 50 atmosphères, soit sur du lait renfermant des Bactéries, soit sur des papiers imprégnés d'une culture de charbon ou de spores de Bactéridie, ou d'une culture de Bacille typhique, Schaffer et Freudreich ont constaté que, même après 7 jours, ni les microbes du lait, ni les spores du charbon ne sont tués; mais la Bactéridie avait été influencée, sans toutefois devenir stérile, et le Bacille typhique avait péri. Les résultats sont à peu près les mêmes quand, durant cette expérience, on porte la température à 60-65°. Des résultats analogues ont été signalés par d'autres auteurs pour le *Bacillus coli*, le *Staphylococcus aureus*, etc.

En recherchant l'action, non des gaz comprimés, mais de la compression des liquides où végètent des Bactéries, telles que le Bacille du charbon, le Staphylocoque doré, le Bacille du côlon, etc., Roger a constaté que ces microbes, tout en étant influencés par la compression, y sont beaucoup moins sensibles qu'à l'action des gaz comprimés.

Fraenkel avait étudié l'action de l'acide carbonique sur la végétation des Bactéries, mais à la pression ordinaire. La conclusion à tirer de ses recherches, c'est que tous les cas sont réalisés dans l'action de ce gaz, ce qui était à prévoir. Dans cette question, d'ailleurs, comme dans celles qui concernent l'influence d'autres agents, une foule de facteurs entrent en jeu, et chaque organisme exige une étude spéciale.

D. **Électricité.** — Les premières recherches concernant l'action de l'électricité sur les microbes sont dues à Schiel; mais elles méritent à peine d'être mentionnées, car, pour juger de l'effet produit par le courant électrique, l'auteur se contentait de regarder au microscope si les microbes de ses infusions étaient mobiles ou non. Cohn et Mendelshon reprirent la question en soumettant le *Bacillus prodigiosus* à l'action du courant, dans un liquide nutritif de composition connue, qui servait ensuite à ensemencer un liquide nouveau. D'autres expériences eurent lieu sur un milieu solide parcouru par un courant galvanique circulant entre deux lames de platine parallèles.

Mais, dans les deux cas, les troubles apportés à la végétation du microbe doivent être rapportés à l'action électrolytique, qui rend les milieux acides au pôle positif et alcalins au pôle négatif. En outre, si le milieu renferme des chlorures, ce qui était précisément le cas dans les expériences précédentes, la décomposition électrolytique produit du chlore et des hypochlorites, qui sont des agents antiseptiques puissants. Il faut ajouter à cela que, si le courant est quelque peu intense, il est beaucoup plus difficile qu'on ne le pense, au premier abord, d'éviter les effets de l'élévation de température. Aussi les résultats de Cohn et Mendelshon, comme ceux d'autres auteurs opérant dans des conditions analogues, doivent-ils être rapportés aux actions chimiques du courant électrique.

Spilker et Gottstein ont cru tourner la difficulté en s'adressant aux courants

induits. Mais leurs conclusions ont été contredites par Friedenthal, qui, en faisant passer un courant de 15 à 20 ampères dans une spirale de 10 tours formant une épaisseur de 5 millimètres autour d'un tube de 15 millimètres de diamètre, contenant une culture de *Bacillus prodigiosus*, n'a observé aucune action après plus d'une heure, alors même que le champ magnétique était très intense.

Plus récemment, d'Arsonval et Charrin ont pensé que le Bacille pyocyanique, grâce à ses propriétés spéciales, pourrait être un objet d'étude préférable aux espèces étudiées antérieurement. En se plaçant dans des conditions où les courants alternatifs devaient, d'après ces auteurs, exercer leur influence indépendamment de toute autre action susceptible de troubler les résultats, ils ont constaté que le premier effet consiste dans une diminution du pouvoir chromogène, tandis que la forme et les propriétés pathogènes restent sensiblement les mêmes; plus tard, la pullulation du microbe a paru être atteinte en proportion de la durée et de l'énergie du fluide.

On peut donc dire, en somme, que, si l'électricité voltaïque exerce une action directe sur les microbes, les effets observés jusqu'ici provenaient surtout des phénomènes physiques ou chimiques qu'elle détermine dans les milieux renfermant les microbes. Ces recherches auront eu du moins pour résultat de conduire à l'emploi de l'électricité comme agent producteur de chlore, d'eau oxygénée et d'ozone, en vue de la destruction des microbes.

E. Actions mécaniques. — On s'est demandé aussi quelle pourrait être l'influence de certaines actions mécaniques, telles que les chocs, les mouvements imprimés aux liquides de culture, sur le développement des microbes.

Horvath avait d'abord conclu à la nécessité de l'état de repos. Puis Hansen constata que la levure de bière se développe mieux quand on soumet le moût à une agitation modérée et cela dans des conditions telles que l'aération du liquide ne pouvait suffire à expliquer la plus grande rapidité de l'accroissement.

Pour Reinke, les vibrations déterminées dans les liquides de culture par les ondes sonores ont une action défavorable sur les Bactéries; pour B. Schmidt, le Staphylocoque doré souffrirait beaucoup du choc ou de l'agitation, tandis que le Bacille typhique ne paraît pas en être affecté. D'autre part, Meltzer a vu qu'un ébranlement ininterrompu, tel que celui que produisent les machines d'une brasserie, peut tuer en 4 jours le *Bacillus megatherium* et le *Bacillus subtilis* en milieu liquide. L'examen microscopique montre alors que les microbes se résolvent en fines particules amorphes. Nul doute, en somme, que, si ces actions mécaniques ont des effets réels, ils ne varient suivant les conditions et suivant les espèces. Peut-être les mouvements modérés, quand ils exercent une action favorable, sont-ils une source d'énergie pour la cellule vivante?

F. Agents chimiques. — Pour compléter cet aperçu, nous aurions maintenant à parler de l'action des agents chimiques sur le développement des Bactéries. Mais, comme la question consiste en grande partie dans l'étude des antiseptiques et qu'elle trouvera place ailleurs, nous mentionnerons seulement certains résultats qui intéressent spécialement la morphologie de ces organismes.

Presque tous les bactériologistes ont pu observer des variations dans la morphologie des microbes sous l'influence de l'état physique et la composition des milieux de culture. Toutefois, dans les conditions ordinaires, ces variations sont assez limitées. Il n'en est plus de même avec certains microbes, quand on

modifie le milieu nourricier par l'addition de divers composés chimiques; on arrive alors à déterminer à volonté des changements morphologiques considérables.

Les expériences de Guignard et Charrin ont montré que, dans ces conditions, le bacille pyocyanique peut offrir des variations qui embrassent presque toutes les formes connues chez les microbes. Par l'emploi de substances telles que le bichromate de potasse, l'acide salicylique, l'acide borique, l'alcool, le naphthol, la créosote, etc., en proportions déterminées, on parvient à reproduire la forme de microcoque, de bacterium, de bacille allongé, de filament, de vibron, et même de spirille. Chacune de ces formes, reportée dans un milieu de culture normal, tel que le bouillon pur, redonne la forme typique du Bacille. Il faut remarquer, en outre, que, même dans les milieux où elles se produisent, les formes en question font plus ou moins rapidement place à la forme typique, par suite de l'accoutumance du microbe au milieu, à condition, bien entendu, que la vitalité ne soit pas trop atteinte. Ces modifications s'accompagnent de changements dans les propriétés physiologiques, comme on peut en juger par la diminution ou la suppression de la fonction chromogène du Bacille, et ces propriétés réapparaissent aussi quand le microbe retrouve les conditions normales de son développement.

Quelque temps après, Wasserzug a fait prendre au *Micrococcus prodigiosus* la forme de bacille en le cultivant dans un milieu acide, soit directement, soit après chauffage à 50°; il a communiqué de même la forme de filament au Bacille pyocyanique. Toutefois, il n'a pas établi que, même après les nombreuses cultures successives de ces nouvelles formes, les caractères normaux ne reparaisent plus dans les conditions normales. Cette remarque, on le verra, a son importance.

D'autres auteurs, en particulier Bouchard, Chauveau, Roger, Arloing, de Bary, Metschnikoff, ont remarqué des variations analogues chez divers microorganismes. Il en résulte qu'il faut accorder aux Bactéries une certaine plasticité morphologique, qui leur fait prendre des aspects divers suivant les milieux. Au point de vue pratique, le polymorphisme doit mettre en garde contre des déterminations spécifiques basées sur une connaissance incomplète de la morphologie; au point de vue théorique, il touche à la question de l'espèce, sur laquelle on reviendra ultérieurement.

§ II. — ACTION DES BACTÉRIES SUR LE MILIEU MANIFESTATIONS VITALES

1° DÉCOMPOSITION DES MATIÈRES HYDROCARBONÉES ET AZOTÉES : FERMENTATION ET PUTRÉFACTION

Toute substance organique complexe peut nourrir successivement ou simultanément plusieurs microbes, dont chacun lui fait subir un mode de destruction spécial. Il y a, par conséquent, un nombre prodigieux de fermentations diverses, dont le résultat final est de ramener la substance organique à l'état de gaz et d'eau.