

du traitement, l'état de mouvement du liquide. Mais les conditions dans lesquelles on arrive ainsi à stériliser un liquide ne présentent que peu d'intérêt au point de vue pratique. En outre, les Bactéries pathogènes (*Micrococcus tetragenus*, *Bacillus murisepticus*, etc.), soumises à ce traitement, n'éprouvent aucune influence quand elles sont à l'intérieur du corps des animaux.

Plus récemment, d'Arsonval et Charrin ont pensé avec raison que le Bacille pyocyanique, grâce à ses propriétés spéciales, serait un objet de recherches préférable aux espèces étudiées auparavant. En se plaçant dans des conditions expérimentales bien déterminées, et dans lesquelles des courants alternatifs à haute fréquence exerçaient 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 est atteinte en proportion de la durée et de l'énergie du fluide.

Action des 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 vibrion, 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 reparaissent 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 reparaissent 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 micro-organismes. 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 extérieur.

Manifestations vitales.

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.

La décomposition des substances hydrocarbonées peut quelquefois être l'œuvre d'un seul microbe. C'est ainsi que les levures, quand elles vivent à la surface d'un liquide sucré, brûlent directement le sucre en donnant de l'eau et de l'acide carbonique, tandis qu'elles le transforment en alcool et en acide carbonique quand elles vivent dans la profondeur. De même, le mycoderme du vin oxyde l'alcool en donnant aussi de l'eau et de l'acide carbonique; mais, s'il vit d'abord en anaérobie à l'intérieur d'un liquide sucré, il le fait fermenter, pour brûler ensuite à l'air l'alcool qui a pris naissance.

Le plus souvent, la transformation complète exige le concours de plusieurs organismes, dont les uns achèvent la décomposition commencée par les autres. Il se forme alors des produits intermédiaires, tels que les acides lactique, butyrique, etc., qui sont les résidus d'une vie anaérobie, décomposables à leur tour par des organismes aérobies.

La destruction des substances azotées est le résultat de ces deux sortes d'actions. Aux dégradations successives qu'elles subissent correspondent des composés de plus en plus simples. Les premiers termes, encore très

complexes, différent surtout de la substance primitive par une plus forte proportion d'oxygène, comme s'il y avait eu oxydation ou adjonction d'une ou plusieurs molécules d'eau. A. Gautier est d'avis que dans l'économie animale, c'est essentiellement par hydratation que s'opèrent les premiers dédoublements des matières azotées. Rien ne s'oppose à ce qu'on admette un phénomène analogue en présence des ferments microbiens. Plus tard, on commence à voir apparaître des substances définies ou cristallisables : leucine, tyrosine, glyco-colle, butalanine, et divers alcaloïdes analogues à ceux que fabriquent physiologiquement les plantes vireuses. A un degré moins élevé de l'échelle de destruction, se trouvent le phénol, l'indol, le scatol; puis des acides volatils ou fixes à constitution simple, identiques à ceux qu'on observe avec les substances hydrocarbonées : acides acétique, lactique, butyrique, succinique, valériannique, oxalique, etc., qui sont combinées avec de l'ammoniaque simple ou des ammoniaques composées, ces ammoniaques étant elles-mêmes les derniers produits résiduels d'une partie de l'azote de la substance azotée primitive. Enfin, au dernier degré, sont les gaz acide carbonique et hydrogène, parfois l'azote, divers carbures d'hydrogènes, et notamment le gaz des marais, parfois même de l'hydrogène sulfuré, du méthylmercaptan.

Les anaérobies et ferments agissent de préférence sur les matériaux les plus complexes; les aérobies, seuls capables de faire disparaître les matériaux les plus simples, achèvent l'œuvre que les premiers ont commencée. Les premiers rendent le plus souvent les milieux acides, les seconds les laissent plutôt alcalins, parce qu'ils brûlent plus à fond les acides organiques, et il n'est pas rare d'observer alors la formation d'ammoniaque simple ou d'ammoniaque composée, comme par exemple dans les cultures du *Bacillus prodigiosus*.

Il faut bien dire pourtant, et la raison en est facile à comprendre, que l'étude détaillée des divers produits de la destruction de la matière organique sous l'influence du développement d'un microbe donné est encore très incomplète. On sait bien, par exemple, grâce aux recherches de Perdrix, que la Bactéridie charbonneuse, en présence de l'oxygène, transforme la matière azotée du bouillon de viande, du sérum, de la caséine, en ammoniaque libre ou combinée, et que cette transformation, pour un milieu déterminé, s'arrête quand la quantité d'ammoniaque atteint un certain chiffre, variable avec la matière albuminoïde et la concentration; et on pourrait citer des résultats de ce genre pour d'autres microbes et d'autres substances nutritives. En remplaçant par l'asparagine les matières albuminoïdes, dont la connaissance est encore si insuffisante, Arnaud et Charrin ont pu mieux préciser l'ensemble des produits de la vie du Bacille pyocyanique dans un milieu de composition déterminée.

C'est surtout pour les fermentations des sucres qu'on connaît le mieux les produits de l'activité vitale. Encore faut-il bien remarquer, à ce sujet, qu'on s'est plutôt occupé d'établir l'équation chimique du phénomène que de rechercher les causes qui peuvent le faire varier. Or, la fermentation,

étant un acte vital, est influencée par les variations multiples auxquelles sont soumis les êtres vivants. Si l'on réfléchit que, dans le courant de ce phénomène, chaque cellule d'un microbe ferment passe par un maximum d'activité, puis vieillit et meurt, et si l'on ajoute que les produits qui prennent naissance peuvent entraver l'action de ces cellules, on concevra l'impossibilité de représenter la fermentation par une formule unique et simple, et, par suite, la nécessité d'acquiescer une connaissance plus approfondie de la vie intime des micro-organismes. A ce point de vue, on doit à Duclaux, Perdrix, Grimbert, des observations qui mettent bien en lumière la constante variabilité d'un procès fermentatif.

Corrélativement à ces phénomènes de destruction, le microbe se nourrit et s'accroît. Comme la cellule animale, il assimile et se fait des réserves de nature diverse (substance amyloïde dans le *Bacillus amylobacter*, le *Spirillum amyloferum*, etc.), matières grasses et glycogène dans divers micro-organismes, etc.; il sécrète des diastases qui varient suivant la nature hydrocarbonurée ou azotée de l'aliment, selon ses besoins à telle ou telle période du développement, et, sous ce rapport, dans le monde des infiniment petits, comme dans le monde des êtres supérieurs, le même mécanisme entre en jeu, et les mêmes diastases servent aux mêmes actions; enfin, il fabrique des produits spéciaux qu'il rejette dans le milieu où il croît et se multiplie.

Il résulte de là que, soit par épuisement, soit par adjonction des produits résiduels de la vie, le milieu nutritif devient généralement impropre à une nouvelle culture du même microbe. Mais un autre microbe pourra s'y développer, si ses besoins ne sont pas les mêmes, ou si la réaction du milieu ou les résidus de la végétation du premier ne s'opposent pas à sa pullulation. C'est le cas des fermentations qui se superposent.

L'analogie entre l'organisme vivant et le milieu de culture dans lequel se développe un microbe pathogène a conduit à la notion de l'antagonisme des bactéries. On a reconnu de la sorte que, tantôt la culture d'une espèce microbienne exerce une action nuisible sur le développement ultérieur de la même espèce ou d'espèces différentes, tantôt elle n'a pas d'influence sensible à l'égard d'autres espèces et même peut favoriser leur développement. Il ne nous appartient pas de rappeler ici les nombreuses recherches effectuées dans cette voie chez les microbes pathogènes, depuis l'observation de Pasteur sur la difficulté que le Bacille charbonneux éprouve à se développer dans les cultures du microbe du choléra des poules; remarquons simplement qu'il existe aussi, chez les espèces saprophytes comme chez les espèces pathogènes, à côté de l'indifférence ou de l'antagonisme, des cas de symbiose et d'association. De même que l'infection tétanique est favorisée par l'adjonction de certains microbes aux spores du Bacille tétanique, ou que l'association du Streptocoque pyogène et du Bacille typhique présente une gravité exceptionnelle, même à l'égard d'animaux réfractaires à l'infection par ce dernier microbe, de même le kéfir est produit par la symbiose d'un *Saccharomyces*, du *Dispora Cau-*

casica et du ferment lactique, et la bière de gingembre, par celle du *Saccharomyces piriformis* et du *Bacterium vermiforme*. Il y a donc des fermentations symbiotiques, comme il y a des infections symbiotiques. Dans la première de ces deux fermentations, par exemple, le ferment lactique s'oppose au développement du ferment acétique, nuisible à la levure; sur les milieux solides, on peut constater qu'il croit beaucoup plus vite au voisinage de celle-ci qu'à une certaine distance. Ce n'est plus la lutte si fréquente pour l'existence, avec ses résultats désastreux pour l'un des organismes, c'est l'association à bénéfice réciproque.

Les fermentations microbiennes sont, comme on l'a dit, en nombre très considérable, puisque la décomposition des substances alimentaires résultant de l'acte de la nutrition des micro-organismes peut être considérée, en somme, comme une fermentation. Toutefois, au point de vue de l'étude spéciale des dérivés de l'activité vitale des microbes, il est d'usage de restreindre cette définition et de distinguer, sous ce nom, les phénomènes qui donnent naissance à des produits particuliers, qui frappent par la qualité et la quantité. Ainsi comprises, les fermentations sont indépendantes de l'action des diastases et représentent tantôt des phénomènes d'oxydation (fermentation acétique, nitrique, etc.), tantôt des phénomènes de réduction (fermentation butyrique, sulfhydrique, etc.), tantôt des phénomènes de dédoublement, sans oxydation ni réduction (fermentations alcooliques diverses, fermentation lactique, etc.). Pour les désigner, on considère surtout la réaction principale; mais il peut se produire aussi des réactions secondaires d'une toute autre nature. Leurs agents sont les Champignons, moisissures et levures, et les Bactéries. Chaque espèce a une action limitée à un petit nombre de substances, et il y a des micro-organismes pour lesquels on ne connaît pas encore de substance fermentescible.

L'histoire de ces fermentations ne peut trouver ici sa place; nous devons nous contenter de les signaler, pour jeter de préférence un coup d'œil sur les principaux groupes physiologiques de Bactéries, parmi lesquels nous retrouvons d'ailleurs des agents de fermentations diverses, car aucun de ces groupes ne présente une localisation exclusive des propriétés physiologiques.

Bactéries diastasigènes. — La plupart des Bactéries possèdent, en réalité, la faculté de sécréter des diastases; mais, sous la dénomination de « diastasigènes », nous voulons simplement grouper un certain nombre d'espèces destinées à servir d'exemples.

Les diastases, ou ferments solubles, produites par les micro-organismes ne se distinguent pas par des caractères essentiels de celles que sécrètent les organismes supérieurs. Il y a longtemps qu'on sait que, parmi les Champignons inférieurs, la levure de bière et diverses moisissures produisent en abondance de l'inertine ou sucrase, qui hydrate et dédouble le sucre de canne. Mais toutes les levures n'en donnent pas, ainsi que

E. Roux l'a remarqué pour un petit *Saccharomyces* qui fait fermenter très activement le glucose, sans agir sur le sucre de canne ou le maltose. Une même moisissure peut sécréter plusieurs ferments, suivant ses besoins et suivant la nature de l'aliment. Bourquelot a constaté que l'*Aspergillus* et le *Penicillium*, cultivés sur liquide Raulin, n'en fournissent pas moins de cinq : l'amylase, l'inulase, la sucrase, la tréhalase et la maltase, puisque le mélange de ferments qu'on retire de la culture saccharifie l'amidon et l'inuline, dédouble le sucre de canne, le tréhalose et le maltose. L'*Aspergillus* produirait en plus une petite quantité d'émulsine. Duclaux avait vu aussi que, dans certaines conditions de culture, le *Penicillium* peut sécréter de la présure et de la trypsine, ferments solubles des matières albuminoïdes.

Dans l'état actuel de nos connaissances, on doit admettre que les ferments solubles ont chacun son autonomie et son action spécifique. Leur production est simultanée ou successive, suivant le genre d'alimentation, et, quoique l'énoncé n'en soit pas exact d'une façon absolue, on peut dire qu'un organisme ne sécrète que la diastase ou les diastases dont il a besoin; c'est un fait d'adaptation physiologique.

Les Bactéries se comportent comme les Champignons inférieurs. Le *Bacillus amylobacter*, le *Leuconostoc* de la gomme de sucrerie sécrètent de la sucrase, et il est certain que beaucoup d'autres espèces possèdent la même propriété. L'amylase est aussi fournie par le *Bacillus amylobacter*, qui attaque les grains d'amidon de certaines plantes et respecte ceux d'autres plantes.

Plusieurs microbes de l'intestin saccharifient l'amidon à l'état d'empois. Le Bacille amylozyme de Perdrix transforme directement la fécule de pomme de terre, mélangée à l'eau, en sucre fermentescible, qu'il détruit en donnant principalement les alcools éthylique et amylique. Selon toute vraisemblance, le *Bacillus amylobacter*, qui se montre l'agent le plus actif du rouissage, en détruisant les parenchymes et en isolant les tissus lignifiés et subérifiés qui résistent à son action, sécrète une cellulase. Son rôle n'est pas moins important dans la digestion des tissus végétaux par les animaux herbivores, dans la panse desquels il pullule en attaquant la cellulose.

Miquel a étudié une diastase qui transforme l'urée en carbonate d'ammoniaque. Il y aurait une quarantaine d'espèces microbiennes aptes à fournir cette uréase. L'une d'elles s'est montrée capable de sécréter, en une heure, dans un milieu approprié, une quantité d'uréase suffisante pour transformer en carbonate d'ammoniaque 60 à 80 grammes d'urée. Cette diastase se distinguerait des autres par la facilité avec laquelle elle s'altère et se détruit en quelques heures à la température de 50°, au contact de l'air.

Les ferments des substances azotées doivent être très répandus chez les microbes. La propriété que possèdent un grand nombre d'entre eux de liquéfier la gélatine est due à ces ferments et, comme la liquéfaction se

fait d'ordinaire en milieu alcalin, il y a lieu de penser qu'ils se rapprochent plus de la trypsine que de la pepsine. Toutefois, on ne possède encore que fort peu de documents sur l'action exercée par eux à l'égard de telle ou telle substance albuminoïde.

Les *Tyrothrix* étudiés par Duclaux coagulent le lait en sécrétant de la présure, puis ils peptonisent la caséine à l'aide de la trypsine ou caséase; ce sont les agents de la fabrication des fromages. Bon nombre d'espèces bactériennes des plus diverses produisent de même un ferment qui agit comme la trypsine; tels sont les *Bacillus prodigiosus*, *B. subtilis*, *B. megatherium*, *B. pyocyaneus*, *B. anthracis*, *B. amylobacter*, *Photobacterium indicum*, *Ph. luminosum*, etc.

Comme chez les moisissures, une même espèce peut sécréter des diastases différentes; le *Bacillus mesentericus vulgatus* en est un exemple frappant. Vignal a montré que ce microbe est capable de produire: dans une solution de peptone, amylase et sucrase; dans le bouillon de veau neutralisé, outre ces deux diastases, présure et cellulase; dans le lait, présure et caséase; sur pomme de terre crue, cellulase, amylase, sucrase. Si l'on ajoute de l'amidon ou du sucre de canne à la peptone ou au bouillon, il sécrète plus d'amylase et de sucrase qu'en l'absence de ces deux corps. De même, on peut faire produire au *Bacillus amylobacter* cinq diastases différentes, suivant la nature de l'aliment hydrocarboné ou azoté.

Plusieurs des sécrétions auxquelles les microbes pathogènes doivent leur action propre sur l'organisme animal se rapprochent des diastases par quelques-unes de leurs propriétés physiques, en particulier l'insolubilité dans l'alcool, la destruction à une température voisine de celle qui supprime l'activité des diastases, l'altération à l'air et à la lumière, le faible pouvoir dialysable, l'entraînement par certains précipités minéraux produits dans les liquides qui les contiennent. Tels sont, parmi ces produits de sécrétion, le poison diphtéritique et le poison du tétanos. Toutefois, ainsi que l'ont bien fait remarquer E. Roux et Yersin pour le premier, Vaillard et Vincent pour le second, ce rapprochement ne vise point une communauté d'action chimique, car ni l'un ni l'autre de ces poisons ne digère l'albumine, la fibrine, ou n'intervertit le sucre. D'autre part, ces toxines diffèrent manifestement des ptomaines, dont les propriétés alcaloïdiques constituent le principal caractère. Il est bon d'ajouter, à ce propos, que, dans la culture du tétanos sur gélatine, on a distingué à côté de la toxine spécifique, une diastase analogue à la trypsine. Après avoir cru démontrer l'existence de plusieurs ptomaines possédant les propriétés caractéristiques du poison tétanique, Brieger a renoncé à sa première opinion pour admettre que le poison est une matière albuminoïde voisine de celle du sérum. Il est pourtant plus rationnel de chercher un terme de comparaison parmi les diastases, car les poisons et les vaccins ont avec elles cette propriété commune, qu'ils exercent sous un poids très minime une action rapide et spécifique. Pour autant qu'on les connaît, les matières

albuminoïdes ne se comportent pas de la sorte; elles n'offrent pas cette disproportion entre la cause et l'effet, qui caractérise les diastases et les poisons.

Arloing, Christmas ont retiré des cultures de divers microbes des substances également voisines des diastases par quelques-unes de leurs propriétés physiques; Chamberland et Roux ont supposé que les substances vaccinales du charbon sont aussi de nature diastasique, à cause de la façon dont elles se comportent à la chaleur et à la filtration sur porcelaine. Bouchard, Charrin, Roger et d'autres auteurs ont émis la même opinion pour divers principes sécrétés par des microbes variés. Mais, pour le moment, l'ignorance où nous sommes quant à la composition des diastases même les plus connues rend superflue toute discussion sur la nature de ces toxines. On peut presque en dire autant pour la plupart des ptomaines d'origine microbienne, étudiées surtout par Brieger et Fraenkel.

Bactéries photogènes. — L'étude de la fonction photogénique, chez les Bactéries lumineuses, n'est pas purement attrayante; elle peut aussi donner lieu, au point de vue physiologique, à des rapprochements intéressants avec d'autres fonctions bactériennes.

Les Photobactéries comprennent actuellement une dizaine d'espèces, dont plusieurs ne paraissent être que simples variétés. Elles ont la forme de courts bacilles, polymorphes suivant les milieux de culture; on les a réunies dans le genre unique *Photobacterium*. Presque toutes, sinon toutes, sont d'origine marine, vivant soit en liberté, soit à l'état de saprophytes, principalement sur les Poissons, parfois même, comme l'a montré Giard, en parasites dans le corps de certains Crustacés. Dans les conditions favorables, elles sont mobiles et émettent des radiations lumineuses formées de jaune, de vert et de bleu. Cette lumière, dont le spectre est continu, est vert bleuâtre dans la majorité des espèces, parfois jaune et plus brillante (*Photobacterium Fischeri*), jaune orange et moins vive (*Photobacterium luminosum*). La température nécessaire à son apparition, ou à son maximum d'éclat, varie suivant l'espèce: chez le *Photobacterium indicum*, c'est vers 30° à 35° qu'elle est la plus intense; chez le *Photobacterium luminosum* de la mer du Nord, c'est entre 40° et 15°.

Pflüger, en 1875, émit l'idée que la phosphorescence des Poissons morts était peut-être le résultat de l'activité vitale de micro-organismes particuliers. Muesch établit ensuite la nature microbienne du phénomène sur la viande de boucherie et R. Dubois fit la même démonstration pour les Poissons de mer. La phosphorescence apparaît avant la putréfaction; elle s'éteint quand celle-ci commence sous l'influence d'autres microbes.

Toutes les Bactéries photogènes exigent, pour se développer, que le milieu nutritif contienne 3 à 4 pour 100 de sel marin ou des quantités isotoniques d'autres sels minéraux; c'est sans doute pour ce motif que R. Dubois n'a pas réussi à infecter les Poissons d'eau douce.

Toutes se nourrissent de peptones comme aliment azoté et peuvent

emprunter leur carbone à de très faibles quantités de glucose, lévulose, maltose, galactose, lactate de chaux et surtout glycérine. La réaction du milieu doit être neutre ou légèrement alcaline.

Beyerinck a remarquablement étudié, dans son dernier mémoire sur la question, les conditions nécessaires soit au développement, soit à la phosphorescence. Ainsi, pour le *Photobacterium luminosum* et le *Ph. indicum*, la peptone seule ou les matières albuminoïdes, qu'ils peptonisent à l'aide de trypsine qu'ils sécrètent, suffisent à la multiplication et à la production de lumière : ce sont des « Bactéries à peptone ». Pour les *Photobacterium phosphorescens*, *Ph. Fischeri* et *Ph. Balticum*, aux peptones il faut ajouter l'une des substances mentionnées plus haut : lévulose, galactose, maltose, lactate de chaux, glycérine ou asparagine, pour fournir le carbone : ce sont des « Bactéries à peptone-carbone ». Ainsi, la peptone seule, ou l'asparagine seule, ne produit ni accroissement, ni lumière; il en est de même avec un mélange d'asparagine ou de glycérine; mais de l'asparagine ou de la glycérine mélangée à de la peptone provoquent les deux phénomènes. Il importe de remarquer aussi que la dose de l'aliment carboné doit être faible (1 p. 100 pour le glucose); sans cela, la lumière s'éteint et la Bactérie prend des formes irrégulières, sans doute à cause de la formation d'acide.

Le sucre de canne, le lactose, qui ne sont pas assimilés, ne sont pas photogéniques. Mais, si dans les milieux obscurs renfermant l'un ou l'autre de ces deux sucres, on introduit une cellule sécrétant de l'invertine ou de la lactase, aussitôt la photobactérie se met à briller. De là une méthode élégante pour juger si une cellule donnée sécrète ou non l'une ou l'autre de ces diastases.

Pour que les phénomènes d'accroissement et d'émission de lumière se produisent, il est donc nécessaire que la peptone, d'une part, et les éléments carbonés, d'autre part, soient entre eux dans certaines proportions qui représentent les « équivalents plastiques. » Une substance est « plastique » si elle entraîne la multiplication des Bactéries en culture. Un élément photogénique doit toujours être plastique, mais la réciproque n'est pas vraie : un aliment plastique n'est pas toujours photogénique, d'où il suit que, chez ces organismes, la production de lumière n'est en connexion nécessaire ni avec l'acte respiratoire, ni avec l'accroissement.

On est ainsi conduit à présumer que, même dans des cellules fortement lumineuses, c'est seulement une partie de l'énergie qui est nécessairement et généralement émise sous forme de lumière. L'oxygène libre est indispensable à la phosphorescence; le phénomène est intimement lié à la nutrition, dont il ne fait que traduire l'intensité. En l'absence d'oxygène libre, celles de ces plantes qui peuvent continuer à vivre pendant quelque temps, comme le *Ph. phosphorescens*, cessent d'être lumineuses.

Quant aux « bactéries à peptone » (*Ph. luminosum* et *Ph. indicum*), bien qu'elles soient capables de vivre et de produire de la lumière aux dépens des matières albuminoïdes, en présence des sels nécessaires,

leur pouvoir lumineux, dans des conditions nutritives simples, reste faible et peut entièrement disparaître au bout de quelque temps sans que la multiplication perde de son énergie. Ces espèces sont beaucoup plus faciles à conserver à l'état non lumineux que comme Bactéries photogènes, et c'est aussi à cet état qu'elles existent le plus souvent dans la mer. Il est intéressant d'ajouter que des températures élevées font aussi disparaître la phosphorescence.

En résumé, pour Beyerinck, la fonction photogénique chez les Bactéries, comme chez toutes les espèces lumineuses du monde organique, est liée à la matière vivante; il n'admet pas qu'il existe quelque élément lumineux ou quelque matière photogène pouvant devenir lumineuse, en dehors de la cellule vivante. Toutefois, les recherches de R. Dubois sur les animaux semblent montrer que cette manière de voir est trop absolue.

Quoi qu'il en soit, au point de vue où elle s'exerce, la fonction photogène n'est pas, comme on le verra, sans analogie avec la fonction chromogène. Comme cette dernière, elle n'est indispensable ni à la vie, ni à la reproduction des micro-organismes; elle est subordonnée à la nature de l'aliment et à certaines conditions de température. Comme chez les microbes chromogènes, l'âge des cultures, la vieillesse surtout et l'épuisement ont une influence manifeste sur l'activité fonctionnelle. Et de même que, dans certaines conditions combinées d'atténuation, divers microbes cessent d'élaborer toute espèce de pigment, de même les Photobactéries, dans les conditions précaires de la vie habituelle des plages, mènent l'existence obscure de microbes vulgaires.

Bactéries chromogènes. — Les Bactéries chromogènes sont nombreuses. Les principaux pigments qu'elles produisent sont le rouge (*Bacillus prodigiosus*, *B. indicus*, *B. erythrogenes*, etc.), le rose (*B. erythrosporus*, etc.), le violet (*B. janthinus*, etc.), le bleu (*B. pyocyaneus*, *B. cyanogenus*, etc.), le vert (*B. pyocyaneus*, *B. fluorescens* divers, etc.), l'orangé (*Micrococcus aurantiacus*, *Sarcina*, *Streptococcus*), le brun (*Bacillus fuscus*, etc.), le jaune (*Staphylococcus aureus*, *Sarcina* sp., etc.).

Ces Bactéries chromogènes, si l'on en excepte la plupart de celles qui produisent une substance fluorescente, sont surtout des saprophytes, qu'on trouve sur la viande, le lait, le pain, le riz cuit, etc. Les espèces ou formes à pigment rouge paraissent être les plus fréquentes (Bacilles de la sardine, de la morue, du lait rouge, Bacille rouge de Kiel, etc.).

Schröeter, Griffiths et d'autres auteurs ont montré que ces pigments, produits au contact de l'air, ont souvent, dans l'ensemble de leurs réactions et de leurs propriétés optiques, une grande analogie avec les matières colorantes d'aniline. Quelques-uns en diffèrent, par exemple celui du lait bleu, auquel on ne connaît pas de dissolvant approprié. La pyocyanine, par l'ensemble de ses réactions, se rapproche des alcaloïdes. Tantôt les pigments sont insolubles dans l'eau et imprègnent le contenu

cellulaire (*Bacillus prodigiosus*, etc.); tantôt ils sont solubles dans l'eau et paraissent alors se former ou du moins être contenus; non dans le protoplasme, mais dans la membrane d'où ils se répandent dans le milieu nutritif; ou bien encore ils ne prennent naissance qu'à l'extérieur des cellules, grâce à l'action de l'air sur une substance chromogène. Dans un cas (*Bacillus Chlororaphis*) observé par Guignard et Sauvageau, la matière colorante apparaissait dans les cultures fluorescentes, sous forme de longues aiguilles cristallines de couleur vert chlorophylle, presque insolubles dans tous les véhicules neutres.

Un assez grand nombre de Bactéries produisent une substance fluorescente, et c'est seulement en milieu animal qu'elle s'est montrée à tous les observateurs; les milieux végétaux paraissent impropres à sa formation. Gessard a reconnu qu'il existe une relation étroite entre son apparition et la présence des phosphates. Quant à l'étude chimique des pigments verts fluorescents, elle est encore à faire; on ne connaît de la fluorescence que sa disparition par les acides, sa réapparition ou son exagération par les alcalis. La substance qui la produit est-elle de même nature que celle observée par R. Dubois dans le sang vert des Pyrophores, à laquelle il assigne des caractères analogues? On ne le sait pas davantage. Flügge avait fait jadis de la production de ce pigment l'attribut de deux espèces microbiennes (*Bacillus fluorescens liquefaciens* et *B. fluorescens putidus*), mais elle se retrouve dans d'autres espèces: c'est donc un caractère devenu banal.

Au point de vue chimique; ces matières colorantes, dont plusieurs semblent communes à divers microbes, forment-elles une série analogue, par exemple, à celle des acides gras, qui se retrouvent les mêmes avec plusieurs Bactéries différentes et par suite ne sont caractéristiques d'aucune? C'est une hypothèse que Duclaux considère comme assez vraisemblable.

La formation de ces matières colorantes est influencée de façon variable par la lumière. Tantôt, et c'est le cas le plus fréquent, le pigment se développe indifféremment à la lumière et à l'obscurité, comme chez l'un des Bacilles du lait rouge (*Bacillus mycoides roseum*), étudié par Scholl; tantôt la lumière est indispensable à son apparition, comme chez le *Micrococcus ochroleucus* de Prove.

Ces différences nous laissent entrevoir la possibilité d'agir par divers moyens sur la fonction pigmentaire. L'expérience montre, en effet, qu'on peut la modifier ou même la supprimer sans atteindre la vitalité du microbe et créer de la sorte chez les Bactéries chromogènes des races incolores, comme on crée des races atténuées chez les microbes pathogènes. A n'envisager même que le point de vue théorique, cette étude a l'intérêt considérable de toutes les questions qui touchent au problème toujours controversé des espèces.

Schottelius, le premier, a réussi à supprimer la fonction pigmentaire chez le *Bacillus prodigiosus*, en soumettant des cultures successives de

à une température de 35°, les semis étant prélevés sur un grand nombre d'alcoïdes décolorés de ces cultures. Après la dixième environ, les propriétés si différentes à la température ordinaire, ne reprennent que çà et là une autre. Il n'est pas possible que de nouvelles cultures deviennent totalement incolores. L'odeur ferme, à côté de celle si caractéristique dans les cultures de ce microbe, ne disparaît pas.

La production de la fluorescence dans les meilleures conditions de milieu nutritif, d'aération et de lumière, de faire recouvrer au microbe sa faculté chromogène, des principes vu réapparaître en partie.

Le même résultat a été obtenu par Wasserzug avec des milieux liquides de forme plus ou moins visqueuse, légèrement alcalins, à une température inférieure à 37°, mais il n'a pu parler des tentatives qu'il a pu faire en vue de provoquer la réapparition du pouvoir chromogène.

On pour le Bacille rouge de Kiel, Laurent a obtenu des colonies incolores, la virulence de la chaleur, soit par l'action des acides, soit par l'insolubilisation a déterminé les conditions dans lesquelles les races obtenues ne peuvent plus redevenir chromogènes.

En même temps, d'autres espèces, le *Bacillus pyocyaneus* et le *B. cyanogenus* ont été spécialement étudiées au point de vue qui nous occupe. Le premier produit deux pigments principaux: un pigment bleu, soluble dans le chloroforme et cristallisable, la pyocyanine; l'autre, un pigment verdâtre, fluorescent, insoluble dans le chloroforme et incristallisable.

Dans ses expériences sur les antiseptiques, Bouchard a vu qu'on peut atténuer ou supprimer à volonté, suivant les doses, la formation des pigments bleu et vert chez le Bacille pyocyanique. Guignard et Charrin ont fait la même remarque au cours de leurs observations sur les changements morphologiques de ce microbe; puis Wasserzug a étudié l'action exercée sur la fonction chromogène par divers composés minéraux ou organiques. D'autres expériences sur le Bacille pyocyanique ou sur des microbes différents sont dues à Roger, Courmont et Rodet.

Plus récemment, Charrin et Phisalix ont aboli la sécrétion pigmentaire du même Bacille du pus bleu en faisant à 42°,5 des cultures successives qui servaient à de nouvelles cultures placées à 30°. Le procédé est le même que celui qui avait servi à l'un des auteurs pour obtenir une Bactérie asporogène. Les cultures décolorées de la sorte n'ont pas reproduit la matière colorante, même dans les conditions qui semblaient les plus favorables. Reste à savoir si d'autres conditions ne permettraient pas d'y parvenir.

Gessard a précisé les conditions dans lesquelles on parvient à dissocier la fonction polychromogène du même Bacille et à supprimer la sécrétion de tel ou tel pigment.

En partant de la race type, à la fois pyocyanogène et fluorescigène dans le bouillon ordinaire, il a obtenu: avec l'albumine de l'œuf, la fluorescence verte seule; avec la peptone, la pyocyanine et un pigment verdâtre; avec la peptone glucosée, le pigment verdâtre seul.