





BIBLIOTECA da FACULDADE de EDUCAÇÃO

DE SÃO PAULO

Assinatura _____ Professora A

Matrícula 9 N. de origem 12

DEDALUS - Acervo - FM



10700

52513

ENCYCLOPÉDIE SCIENTIFIQUE

DES

AIDE - MÉMOIRE

PUBLIÉE

SOUS LA DIRECTION DE M. LÉAUTÉ, MEMBRE DE L'INSTITUT

*Ce volume est une publication de l'Encyclopédie
scientifique des Aide-Mémoire ; F. Lafargue, ancien
élève de l'École Polytechnique, Secrétaire général,
169, boulevard Malesherbes, Paris.*

N° 183 B

ENCYCLOPÉDIE SCIENTIFIQUE DES AIDE-MÉMOIRE

PUBLIÉE SOUS LA DIRECTION

DE M. LÉAUTÉ, MEMBRE DE L'INSTITUT.

LA

BACTÉRIDIE CHARBONNEUSE

—

ASSIMILATION, VARIATION SÉLECTION

PAR

FÉLIX LE DANTEC

Ancien élève de l'École normale supérieure
Docteur ès sciences



PARIS

MASSON ET C^{ie}, ÉDITEURS,
LIBRAIRES DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE

GAUTHIER-VILLARS ET FILS,
IMPRIMEURS-ÉDITEURS

Boulevard Saint-Germain, 120

Quai des Grands-Augustins, 55

(Tous droits réservés)

*OUVRAGES DE L'AUTEUR PARUS
DANS LA COLLECTION DE L'ENCYCLOPÉDIE*

- I. La Matière vivante.**
- II. Les Sporozoaires** (en collaboration avec
L. BÉRARD).
- III. La Bactéridie charbonneuse.**

PREFACE

La Biologie s'occupe de « tous les phénomènes manifestés par les êtres vivants, abstraction faite des êtres inorganisés » (Huxley). Les lois les plus générales de la Biologie sont celles qui s'appliquent à tous les êtres vivants sans exception, on doit donc les découvrir en étudiant *un être vivant quelconque*. Les seules considérations qui puissent nous guider dans le choix de ce type d'étude doivent être : 1° l'état de nos connaissances relativement à ce type ; on devra évidemment choisir l'un des mieux connus ; 2° la facilité plus ou moins grande avec laquelle on peut se procurer ce type d'étude.

La Bactéridie charbonneuse répond parfaitement à ces deux conditions ; aussi va-t-elle nous conduire très facilement aux trois grandes lois biologiques : assimilation, variation, sélection. C'est donc une étude de Biologie générale que nous allons faire, et non la monographie d'une espèce pathogène déterminée

Il y a d'autres lois biologiques moins générales quoique s'appliquant encore à un très grand nombre d'êtres vivants ; nous les étudierons ultérieurement sur des types convenablement choisis.

Bien des traités de Biologie existent déjà. Huxley en particulier a étudié la biologie générale sur une série de types de complication progressive. Nous voudrions faire remarquer que le présent ouvrage diffère des précédents par la méthode *exclusivement chimique* de l'exposition.

Que cette méthode présente des avantages au point de vue de la précision du langage, nous espérons que cela sera admis sans difficulté. Il sera d'ailleurs facile de s'en rendre compte par la comparaison du corps de l'ouvrage avec l'*appendice* dans lequel seront exposés, avec le langage biologique ordinaire, les phénomènes d'*addition* et les expériences de *mérotomie* faites sur le type *Gromia fluviatilis*.

PREMIÈRE PARTIE

L'ASSIMILATION

CHAPITRE PREMIER

STRUCTURE DE LA BACTÉRIDIE

1. — C'est dans l'intérieur de l'organisme de certains animaux que se multiplie, dans la nature, la *bactéridie charbonneuse* ; c'est donc là qu'il faut l'étudier d'abord, quoique cela puisse paraître illogique.

Dans le sang d'un mouton atteint du charbon, il existe des quantités immenses de petits corps invisibles à l'œil nu et que seule l'observation microscopique peut faire découvrir. Ce sont des bâtonnets immobiles, droits et transparents. Ils semblent absolument homogènes à première vue et sont flexibles. Leur longueur varie de 5 à 20 millièmes de millimètre, leur largeur de

un millième de millimètre à un millième et demi.

En observant avec plus de soin et avec l'aide de réactifs colorants ⁽¹⁾, on constate que les bâtonnets de 5 à 6 millièmes de millimètre de longueur sont formés d'une seule masse homogène, tandis que ceux qui sont plus longs sont en réalité formés de plusieurs articles dont chacun est comparable à l'un des bâtonnets courts. Ce sont ces bâtonnets courts qu'il faut appeler proprement *bactéridies* ; les filaments plus longs sont formés de plusieurs bactéridies associées bout à bout (*fig. 1*).



Fig. 1
Bactéridies dans le
sang du mouton.

La structure de ces bâtonnets, même observés à un très fort grossissement, paraît homogène ; cependant, on aperçoit fréquemment, autour des bactéridies colorées artificiellement, une zone claire, hyaline, de peu d'épaisseur. C'est sur d'autres types de bactériacées que Bütschli a réussi à mettre en évidence une structure plus complexe que nous étudierons dans des groupes plus élevés.

La masse homogène interne se colore en

(1) Les méthodes de coloration sont exposées dans tous les traités de microbiologie et ne sauraient trouver place ici.

jaune ou en brun par l'iode et se montre très avide de couleurs basiques d'aniline ; c'est une substance albuminoïde que l'on appelle généralement *protoplasma*, mais il est bon d'employer avec une certaine réserve cette expression qui aura une signification très précise chez des êtres plus manifestement différenciés.

La couche périphérique reste incolore sous l'influence des réactifs qui colorent le protoplasma ; on lui donne le nom de *membrane cellulaire* ; elle semble composée d'hydrates de carbone, celluloses plus ou moins gélifiées.

Il est inutile d'insister plus longtemps sur ces questions de structure ; nous n'en tirerons pour le moment aucune notion importante et nous y reviendrons avec détail à propos d'organismes plus faciles à étudier à ce point de vue.

CHAPITRE II

MULTIPLICATION DE LA BACTÉRIDIE. CONDITION N° 1

2. — Au lieu d'observer, comme nous venons de le faire, une préparation de sang charbonneux séché et traité par des réactifs colorants, mettons en goutte suspendue une petite quantité du même sang et maintenons-la à la température de 30 à 35° en présence d'une quantité d'air suffisante. L'étude microscopique attentive d'un des bâtonnets de la préparation nous montrera que ce bâtonnet *s'allonge* en conservant la même épaisseur. Si nous sommes partis d'une bactériodie simple, de 5 millièmes de millimètre, nous la voyons se transformer, en trois ou quatre heures, en un long filament flexueux huit à dix fois plus long (*fig. 2 a*). Desséchons la préparation à ce moment et colorons la par le procédé ordinaire, nous voyons que ce filament d'apparence homogène est en réalité com-

posé de huit à dix bactériidies toutes semblables et associées bout à bout. Il y a eu multiplication des bactériidies.

Cette multiplication dans un milieu approprié est tout à fait remarquable. Elle a également lieu dans l'organisme des moutons.

Prélevons, en effet, une goutte de sang d'un mouton sain et observons la au microscope ; elle apparaît absolument dépourvue de bactériidies. Mais, inoculons ce mouton avec une goutte de sang provenant d'un mouton qui vient de mourir du charbon, ce qui revient en réalité à introduire dans le sang du mouton neuf une petite quantité de bactériidies. L'animal ainsi inoculé mourra avec tous les symptômes du charbon et son sang se montrera, au moment de la mort, absolument rempli de millions de bactériidies identiques à celles qui lui ont été inoculées. C'est que celles-ci se sont multipliées à son intérieur avec une rapidité effrayante, comme tout à l'heure, dans la préparation en goutte suspendue, mais avec cette différence que les

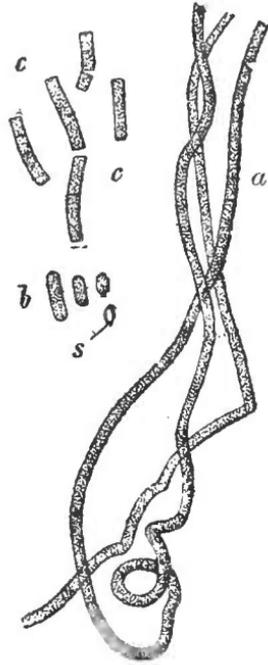


Fig. 2

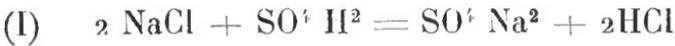
Bactériidies cultivées dans un milieu acré (d'après Straus).

associations de bactériidies bout à bout n'en comprennent jamais que trois ou quatre au maximum, parce que dans les conditions actuelles, les filaments se rompent dès qu'ils tendent à dépasser cette longueur.

Toutes les bactériidies résultant de cette multiplication sont comparables entre elles ; les caractères de structure ne permettent pas de les distinguer les unes des autres et, ce qui est plus probant, n'importe laquelle d'entre elles est capable de servir de point de départ, dans un nouveau mouton, à une multiplication identique qui se traduira, dans les mêmes délais, par la mort du mouton inoculé. C'est donc que les corpuscules résultant de la multiplication sont tous semblables entre eux et à celui d'où ils proviennent ; ils ont même apparence extérieure et mêmes propriétés, ils doivent donc avoir *même constitution chimique*. Or, il n'y a pas dans la nature d'apparition spontanée de matière. Toutes les bactériidies provenant de l'inoculation d'une bactériidie primitive à un mouton se sont constituées tant aux dépens de cette bactériidie primitive que de la substance du mouton.

Désignons par le terme Q, l'ensemble des substances empruntées au mouton pendant l'ensemble des réactions qui ont déterminé la multiplication des bactériidies et par *a* l'ensemble

des substances de la bactériodie. Nous sommes habitués, en chimie, à ce qu'une réaction, si simple qu'elle soit, ne donne pas naissance à un corps unique, mais en même temps à d'autres corps accessoires. Dans la préparation du sulfate de soude par exemple :



il y a fabrication simultanée et inévitable d'acide chlorhydrique.

Dans les réactions, très complexes probablement, d'où résulte l'accroissement, la multiplication de la bactériodie charbonneuse dans un milieu approprié, nous devons donc supposer que, conjointement avec la substance bactériodienne, il se forme des substances accessoires que nous pouvons désigner par le terme R correspondant au terme Q qui représente l'ensemble des substances empruntées au milieu dans le même temps. La fabrication de substance bactériodienne pourra donc se représenter, pour un temps donné, par une formule de la forme :

$$(II) \quad a + Q = \lambda a + R$$

λ étant un coefficient plus grand que l'unité, quel que soit le temps, dans les conditions considérées.

L'équation (II) diffère d'une manière tout à fait remarquable de l'équation (I) et en général

de toutes les équations qui représentent les réactions ordinaires de la chimie. Ces équations se en effet du type suivant :



D, E, F. représentant des groupements atomiques différents, des composés définis différents de ceux que représentent A, B, C, à condition, bien entendu, que l'on ait fait figurer uniquement dans l'équation les quantités de chaque substance qui ont effectivement réagi.

Autrement dit, un corps ordinaire de la chimie se détruit *toujours* en tant que composé défini quand il réagit chimiquement d'une manière quelconque. Exception est faite, l'équation II le prouve, pour certains corps que l'on appelle des *plastides*.

Définition : Un plastide est un corps tel qu'il existe un milieu déterminé, dans lequel tous les éléments constitutifs de ce corps sont l'objet de réactions chimiques complexes, dont un résultat est l'augmentation en quantité de tous ces éléments constitutifs.

Dans les conditions considérées, on peut donc dire que l'influence du plastide transforme une substance semblable à la sienne, des éléments différents empruntés au milieu, ou encore que le plastide *s'assimile* le milieu. L'équation II est donc l'équation de l'*assimilation*.

Mais l'assimilation étant un phénomène caractéristique qui ne se manifeste pas dans les corps bruts, on a appelé *vie élémentaire* la propriété, pour un corps, d'en être susceptible, c'est-à-dire, en définitive, d'être un plastide. Cette propriété se manifestant précisément par les réactions de l'équation (II), on peut également appeler cette équation : *équation de la vie élémentaire manifestée*.

CHAPITRE III

ÉTUDE DES TERMES Q ET R

3. — Lorsque nous étudions la bactériologie dans l'organisme d'un mouton, les termes Q et R restent bien difficiles à définir d'une manière précise ; nous constatons bien que le développement du parasite doit emprunter à l'organisme de l'hôte certaines substances et y déverser d'autres produits, et que le résultat de la soustraction des unes et de l'addition des autres traduit par la maladie et la mort du mouton, mais le milieu intérieur d'un vertébré est quelque chose de trop complexe, et surtout de trop constamment renouvelé par la nutrition, pour que nous ayons quelques chances d'y retrouver intacts les produits de la vie élémentaire manifestée de la bactériologie. Il faut donc étudier cette vie élémentaire manifestée dans des milieux bruts, bien définis, s'il y en a, où l'assimilation soit possible, et il y en a.

Nous avons déjà vu que la bactériodie se multiplie dans une goutte de sang *extraite de l'organisme* et maintenue à 30 ou 35° en présence d'une quantité suffisante d'oxygène ; elle se développe dans ces conditions en donnant des filaments bien plus longs que ceux dont nous avons constaté l'existence dans le mouton lui-même. Un phénomène identique se remarque lorsque l'on porte la bactériodie dans de l'humeur aqueuse, de l'urine stérilisée et alcalinisée, du bouillon de veau ou de bœuf rendu légèrement alcalin, etc. Dans tous ces liquides on obtient un développement très abondant de longs filaments enchevêtrés formant, par exemple dans le bouillon, des flocons nuageux très caractéristiques.

Une parcelle de ces flocons, prélevée avec pureté est portée dans un autre vase contenant du bouillon et placé dans l'étuve à 30 ou 35° Elle y redonne un nouveau développement très abondant, et ainsi de suite ; en passant de bouillon à bouillon, on peut ainsi obtenir, avec une seule bactériodie comme point de départ, autant de milliards de bactériodies qu'on voudra. Or, une inoculation du dernier bouillon tue aussi certainement un mouton que celle d'une goutte de sang charbonneux, et le mouton meurt dans les mêmes conditions et avec les mêmes symptômes. C'est donc bien le même corpuscule, la même

bactéridie, qui s'est reproduite des milliards de fois avec ses mêmes propriétés et l'équation est rigoureusement exacte dans ce cas.

Mais, suivant le milieu que l'on a employé, humeur aqueuse, urine, sang, bouillon, les substances du terme Q sont différentes et probablement aussi, par suite, les substances du terme R.

Il y a cependant un certain nombre de facteurs nécessaires à l'assimilation ; ils doivent être réunis pour réaliser ce que nous appellerons la *condition n° 1* pour la bactéridie ; voici les principaux :

La température doit être comprise entre 12° et 45° centigrades. Au dessous de 12° et au dessus de 45° il n'y a plus d'assimilation ; un peu au dessus de la température limite inférieure, la multiplication des bactéridies se produit, mais très lentement. C'est vers 35° centigrades que toutes choses égales d'ailleurs, le développement est le plus rapide ; on appelle cette température la température optima pour le développement de la bactéridie.

Le milieu doit contenir de l'oxygène libre ou tout au moins, de l'oxygène faiblement combiné à une substance qui le laisse échapper facilement comme l'hémoglobine des globules rouges du sang. Il est facile de constater que la bactéridie réduit complètement l'oxyhémoglobine

On sait en effet que cette substance présente, au spectroscope, deux raies obscures caractéristiques, tandis que l'hémoglobine non oxydée n'en présente qu'une seule. Eh bien ! prenons à un mouton charbonneux une goutte de sang frais, plaçons la sur une lame de verre et observons-la au spectroscope ; elle donne la double raie de l'oxyhémoglobine. Nous recouvrons d'une lamelle cette goutte de sang, nous lutons la préparation avec de l'huile et nous observons au microscope à la température de 30 à 35° centigrades. Grâce à l'oxygène fixé aux globules rouges, les bactériidies se développent pendant trois ou quatre heures et arrivent à tripler de longueur ; à ce moment l'allongement s'arrête, mais, précisément alors, l'observation au spectroscope de la préparation ne montre plus que la raie unique de l'hémoglobine non oxydée. C'est donc que l'assimilation s'est produite aux dépens de l'oxygène des globules et est devenue impossible dès que cette réserve a été épuisée.

Cette belle expérience est due à Koch. Pasteur a montré, d'autre part, que, dans les liquides de culture, la bactériidie absorbe complètement l'oxygène.

Nous verrons un peu plus loin ce qui arrive quand tout l'oxygène a disparu.

Il est à peine besoin de faire remarquer que l'assimilation ne peut avoir lieu que dans un

milieu liquide, comme cela a lieu pour la plupart des réactions chimiques. L'effet de la dessiccation sera étudié plus tard.

Tous les liquides dans lesquels nous constatons le développement de la bactériodie contiennent des *matériaux organiques tout préparés*, des combinaisons hydrocarbonées et azotées dont nous ne savons pas, dans l'état actuel de la chimie, faire l'analyse complète. Mais il existe d'autres plastides pour lesquels on a pu constituer de toutes pièces, avec des substances chimiquement définies, des milieux réalisant d'une manière parfaite la condition n° 1. Tels sont l'*aspergillus* (liquide Raulin), la levure de bière, (liquide Pasteur).

Enfin, une autre indication, assez vague il est vrai, sur les conditions nécessaires à la vie élémentaire manifestée de la bactériodie ; il faut que le milieu soit neutre ou légèrement alcalin.

Les substances R qui résultent de l'assimilation de la bactériodie dans divers milieux, varient naturellement avec les milieux. Il y a cependant quelques observations générales à faire à ce sujet.

« La bactériodie absorbe... l'oxygène de l'air (dissous dans le milieu où elle se développe), et jusqu'aux dernières portions, en dégageant un volume de gaz carbonique sensiblement supérieur... Il en résulte que si la bactériodie réussit

à pénétrer dans le sang et à s'y multiplier, très promptement elle provoque l'asphyxie en enlevant aux globules l'oxygène nécessaire à l'hématose. De là cette couleur noire du sang et des viscères au moment de la mort, qui est un des caractères de la maladie charbonneuse⁽¹⁾ ».

L. Perdrix⁽²⁾ a étudié la transformation des matières azotées dans les cultures de la bactériodie. Il a constaté que la matière azotée des bouillons, celle du sérum, la caséine, sont transformées en ammoniacque par l'action de la bactériodie en présence de l'oxygène de l'air. Pour un milieu déterminé, cette transformation s'arrête quand la quantité d'ammoniacque atteint un chiffre déterminé, variable avec la matière albuminoïde et avec la concentration⁽³⁾.

Il est curieux de constater que l'ammoniacque, produit en abondance dans les cultures de bactériodies en sérum, ne se rencontre qu'en quantités infinitésimales dans le sang des animaux mourant du charbon. Cela tient à des phéno-

(1) PASTEUR. — *Charbon et septicémie*. Lectures faites à l'Académie des Sciences et à l'Académie de médecine les 30 avril, 16 et 17 juillet 1877.

(2) PERDRIX. — *Sur la transformation des matières azotées dans les cultures de Bactériodie charbonneuse*. Ann. Inst. Pasteur, II, 1888.

(3) Nous reviendrons sur cet arrêt de la vie élémentaire manifestée par l'accumulation des substances R. Voir p. 55.

mènes indépendants de la bactériémie et résulte plus probablement de l'absorption d'ammoniaque dans la circulation de l'animal hôte. L. Perdrix pense cependant que cela pourrait également tenir à la différence des conditions d'oxygénation, l'oxygène étant, dans l'animal, fourni à la bactériémie à l'état de combinaison avec l'hémoglobine, tandis que, dans les cultures artificielles, la bactériémie utilise l'oxygène libre de l'air.

M. Iwanow a trouvé divers acides gras dans les cultures de bactériémie ; en particulier, de l'acide formique pendant les premiers jours de l'ensemencement et de l'acide acétique plus tard ⁽¹⁾.

Parmi les produits à molécule plus complexe qui dérivent de la vie élémentaire manifestée de la bactériémie, Pasteur avait signalé une diastase dont le pouvoir se manifestait d'une manière singulière dans le sang des animaux malades : « D'où provient ce caractère de l'état agglutinatif des globules du sang signalé par tous les observateurs ? Dans ma communication du 30 avril, j'ai dit que nous avions trouvé un mode de filtration (il consiste dans l'emploi du

(1) IWANOW. — *Sur la production des acides volatils dans les cultures du Bacille charbonneux.* Ann. Inst. Past. VI, 1892. Il a étudié le rapport de cette production d'acides avec la variation de virulence (v. plus loin, p. 101).

plâtre et de l'aspiration par le vide) qui est si sûr, que du sang charbonneux rempli de bactériidies n'en contient plus une seule après qu'il a été filtré, ni germes quelconques, ce dont on a la preuve par cette double circonstance que le sang devient imputrescible au contact de l'air pur et que, ensemencé dans un liquide propre à la nutrition des bactériidies, celles-ci n'apparaissent en aucune façon. Aussi ce sang filtré peut être injecté impunément dans le corps sans produire le charbon ni le moindre désordre local. Mais ce sang charbonneux filtré, mis en contact avec du sang frais et sain, *rend aussitôt les globules agglutinatifs* autant et plus qu'ils le sont dans la maladie charbonneuse, peut-être par la présence d'une diastase que les bactériidies ont formée (1) ».

A défaut de renseignements chimiques précis sur les substances du terme R, il faut se contenter de documents comme le précédent ; dans le même ordre d'idées, beaucoup d'expérimentateurs, convaincus que la maladie charbonneuse est due principalement à l'action sur l'organisme des animaux de certains produits R de la vie élémentaire manifestée des bactériidies, ont essayé d'extraire de leurs cultures des substances solubles capables de donner aux animaux, en

(1) PASTEUR. — *Charbon et septicémie*, op. cit.

l'absence des bactériidies, des symptômes morbides analogues à ceux du charbon ordinaire.

L'intérêt général de ces recherches a été surtout de montrer que les substances R varient avec les substances Q. Cela ressortira immédiatement des conclusions d'un travail récent sur ce sujet⁽¹⁾ : « En cultivant à basse température la bactériдие charbonneuse dans des solutions de peptone glycinée, on peut extraire du milieu de culture une toxine particulière à la bactériдие.

Cette toxine n'a pas les réactions connues des matières albuminoïdes ; en outre, elle ne transforme ni l'empois d'amidon ni les solutions de sucre de canne, ni les solutions de glycogène.

Inoculée aux animaux sensibles au charbon, elle amène, à certaines doses, la mort de l'animal par cachexie. Les animaux réfractaires à la maladie microbienne (poules, grenouilles, poissons) paraissent être presque indifférents à la toxine. Il semble en être de même des lapins immunisés contre le charbon par des virus atténués.

Cette substance est atténuée, mais non complètement détruite, par le chauffage à 110°, différant ainsi du venin des serpents, des toxines

(1) MARMIER. — *Sur la toxine charbonneuse*. Thèse de Paris. Fac. Sc. 1895.

tétanique et diphtérique et des corps que l'on range sous le nom de diastases.

Au contraire, de même que les toxines microbiennes précédentes, elle perd son action sur les animaux si on la met au contact des hypochlorites alcalins. L'insolation prolongée en présence de l'air amène le même résultat.

Les cultures de charbon dans d'autres liquides tels que le sérum du sang de bœuf, les bouillons de viande de cheval, de bœuf ou de veau *ne contiennent pas de toxine d'une façon appréciable...*

L'apparition de la toxine charbonneuse dans un milieu dépend donc d'une manière très étroite des conditions d'existence qui sont données à la bactériologie dans ce milieu ».

Ainsi les substances R dépendent des substances Q. Cela ne doit pas nous étonner, nous devons au contraire nous y attendre et la chimie des corps bruts est pleine d'exemples analogues. Nous devons, en effet, comparer la fabrication de substance bactérienne à une synthèse comme la suivante : produire une substance oxydée LO au moyen d'un corps L et d'un oxydant BO.



Le terme B, c'est-à-dire la substance accessoire à la préparation du corps LO, aurait été

différent si l'on avait employé un autre oxydant DO par exemple.



De même, au lieu de notre équation

$$(II) \quad a + Q = \lambda a + R$$

Nous pouvons avoir l'équation analogue

$$(II') \quad a + Q_1 = \lambda_1 a + R_1$$

dans laquelle les substances Q ont été changées et, par suite, la rapidité de l'assimilation (λ_1) et les substances R.

Encore faut-il que les substances Q, Q_1 , réalisent la condition n° 1 (voir plus haut) pour la bactériodie. Nous avons vu que cela a lieu pour des milieux assez variés, mais néanmoins, s'en faut de beaucoup que ce soit vrai pour tous les milieux chimiques. Au contraire, on doit considérer la condition n° 1 comme l'exception et il faut bien que cela soit, sans quoi une espèce bactériodienne assimilerait le monde en peu de temps. Il est même facile de se rendre compte que, dans un milieu qui n'est pas illimité, l'assimilation elle-même ne tarde pas à détruire la condition n° 1 primitivement réalisée pour la bactériodie, par suite de la disparition progressive des substances Q et même, comme nous le verrons plus tard, de l'accumulation de substances R qui sont nuisibles.

Que se passe-t-il alors ?

Il peut se présenter deux cas. Ou bien la condition n° 1 n'étant plus réalisée, les bactériidies se trouveront dans un milieu avec lequel elles sont encore susceptibles de réagir chimiquement ; ce sera la condition n° 2. Ou bien elles ne seront plus susceptibles de réagir et resteront au repos chimique. Ce sera la condition n° 3.

Il est nécessaire d'étudier séparément ce qui arrivera dans ces deux cas distincts.

CHAPITRE IV

—

ÉTUDE DE LA CONDITION N° 2

4. C'est seulement à la condition n° 1, quand l'assimilation est possible, que les plastides diffèrent, dans leur manière de se comporter, des autres corps de la chimie. En dehors de cette condition toute spéciale qui, nous le répétons, est exceptionnelle, ils ne peuvent réagir chimiquement sans se détruire en tant que composés définis, par cela même qu'ils réagissent (v. p. 14). Cette destruction sera plus ou moins lente suivant les cas ; quand elle sera achevée, il n'y aura plus de substances α , il n'y aura plus de plastide ; on dit dans ce cas que le plastide est mort. La mort élémentaire est, comme on le voit, le résultat définitif de la réaction suffisamment prolongée d'un plastide dans toute condition autre que la condition n° 1.

Nous allons passer en revue les différents agents physiques ou chimiques qui peuvent, par leur

présence ou leur absence, entraîner la mort élémentaire de la bactériodie. Mais il faut faire remarquer d'abord que cette mort élémentaire pourra se manifester de deux manières ; 1° par la destruction, la désintégration, la dissolution en quelque sorte de la substance de la bactériodie qui disparaîtra ainsi, même en tant que corpuscule distinct ; 2° par des modifications chimiques qui n'altéreront pas la forme de la bactériodie et la transformeront en un corps de forme identique mais de propriétés chimiques différentes ; ce sera ce qu'on peut appeler le cadavre, la pseudomorphose de la bactériodie. On reconnaîtra que ce cadavre n'est plus une bactériodie en le semant dans un milieu qui réalise la condition n° 1. Il ne s'y développe pas, n'y assimile pas, puisque ce n'est plus un plastide.

5. Température. — Nous avons vu que la condition n° 1 n'est réalisée qu'entre 12 et 45° centigrades. Il ne s'ensuit pas absolument pour cela qu'en dehors de ces limites la destruction de la bactériodie ait lieu ; le repos chimique ou condition n° 3 peut en effet se réaliser aussi.

Ainsi, l'action est différente au-dessous de 12° de ce qu'elle est au-dessus de 45°. Du sang charbonneux chauffé quelques minutes au-dessus de 50° ne contient plus que des bactériodies mortes. Au contraire, M. Frisch a soumis pendant près d'une heure du sang charbonneux à

une température de — 110°, sans que les bactériidies contenues à son intérieur eussent perdu la propriété de se développer dans des milieux réalisant la condition n° 1.

En dehors de cette question de la destruction absolue des bactériidies, la chaleur peut leur faire subir des modifications que nous étudierons un peu plus loin (1).

6. Oxygène. — Reprenons l'expérience de Koch que nous avons relatée plus haut (2) : à partir du moment où l'analyse spectrale montre que toute l'oxyhémoglobine est réduite, les bactériidies, non seulement ne s'accroissent plus, mais entrent en voie de désintégration granuleuse. Davaine avait déjà remarqué depuis longtemps que du sang charbonneux conservé quelques jours en un tube de verre fermé à la lampe n'est plus capable de donner le charbon si on l'inocule à un mouton parce que toutes les bactériidies y sont mortes faute d'oxygène (3). Tout cela

(1) Voyez plus loin : *Atténuation de la virulence de la Bactériidie.*

(2) V. p. 19.

(3) MOMONT (*Ann. Inst. Pasteur*, VI, p. 25) a montré que la destruction de la bactériidie dans ces conditions est extrêmement lente. Du sang charbonneux enfermé dans des ampoules de verre complètement remplies et scellées à la lampe contenait encore des bactériidies vivantes après soixante jours. Mais à 45°, il suffit de quelques jours pour que, dans ce même tube scellé, toutes les bactériidies meurent.

prouve que la condition n° 2 est réalisée pour la bactériodie dans du sang dépourvu d'oxygène ; mais il y a des circonstances, où la bactériodie, *hors du sang*, trouve dans l'absence d'oxygène la condition n° 3.

7 Humidité. — L'eau était nécessaire à l'assimilation. Que produira la dessiccation sur la bactériodie ? Il est très curieux de constater que la dessiccation et les divers agents physiques influencent différemment des bactériodies qui ont été cultivées dans des milieux différents (sang, bouillon). MOMONT ⁽¹⁾ a constaté que dans du sang desséché, la bactériodie se conserve environ soixante jours à l'air et quarante-huit jours dans le vide à la température de 16 à 22°. Dans les mêmes conditions, des bactériodies desséchées provenant d'une culture dans du bouillon, ne se conservent que dix-huit jours à l'air et seize jours dans le vide.

Dans un milieu liquide dépourvu de quelques-unes des substances nécessaires à l'assimilation, la destruction des bactériodies est plus ou moins rapide suivant la nature du milieu et suivant les conditions extérieures. Nous reviendrons ultérieurement sur les modifications qui peuvent dans ce cas se produire dans les bactériodies.

(1) MOMONT. — *Action de la dessiccation de l'air et de la lumière sur la bactériodie charbonneuse filamenteuse.* Ann. Inst. Pasteur, 1892.

Au lieu de priver le milieu d'un des éléments nécessaires à l'assimilation, on peut y ajouter une substance nouvelle. Il y a beaucoup de substances qui, ajoutées en proportion suffisante à une culture de bactériidies, détruisent immédiatement tous les plastides de la culture; en proportion moindre elles arrêtent seulement les réactions assimilatrices. Ce sont les antiseptiques, qu'il faut étudier avec quelque détail.

8. — Nous avons vu plus haut que les substances azotées des milieux de culture sont transformées en ammoniacque par la bactériдие charbonneuse. L. Perdrix ⁽¹⁾ a remarqué que l'ammoniacque ainsi formé contribue pour une certaine part à arrêter le développement de la bactériдие. Cette remarque est très importante et nous aurons à y revenir quand nous étudierons ce qui se passe dans les vieilles cultures.

Si l'on sème de la bactériдие dans des bouillons neufs contenant des quantités croissantes d'ammoniacque (à l'état de chlorhydrate ou de phosphate afin de ne pas modifier la réaction du bouillon), la bactériдие se développe jusqu'au moment où la teneur en ammoniacque est de 1 à 2 %₀. A partir de cette dose, l'ammoniacque empêche le développement de la bactériдие : elle se comporte alors comme un antiseptique. Il en est

(1) *Op. cit.*, p. 358.

de même des ammoniacques composées : la triméthylamine, par exemple, employée à l'état de chlorhydrate, empêche la culture quand le bouillon en renferme à l'origine 5 décigrammes $\frac{0}{0}$, bien que la réaction du milieu ne soit pas changée.

Comme une partie de l'ammoniaque peut être enlevée par une simple ébullition, ajoute L. Perdrrix, on peut, en faisant bouillir la culture dans le vide à la température ordinaire, diminuer dans une proportion très notable la quantité d'ammoniaque qu'elle contient. Dans ces conditions il se produit de nouveaux filaments, dans un milieu où la croissance paraissait arrêtée.

Donc, l'ammoniaque arrête le développement, mais ne détruit pas la bactériidie ou du moins la détruit lentement ; nous aurons à nous servir plus loin de cette remarque capitale.

L'étude de l'action antiseptique de l'ammoniaque tire son importance de ce fait que cette substance est un des produits de la vie élémentaire manifestée de la bactériidie elle-même. Des travaux très nombreux ont été faits sur l'action des antiseptiques en général ; nous étudierons plus tard les modifications que ces substances peuvent apporter à la nature de la bactériidie ⁽¹⁾ ; contentons-nous ici de résumer quelques-unes

(1) Voyez plus loin : *Charbon asporogène, atténuation.*

des conclusions de M. Duclaux ⁽¹⁾ au sujet d'un mémoire de Behring sur les doses d'antiseptiques qui détruisent ces plastides.

M. Duclaux insiste surtout sur le degré de contingence de toutes les réactions dites antiseptiques.

« Ainsi, la bactériodie charbonneuse s'accommodant également mal d'un excès d'acidité ou d'alcalinité dans son milieu nutritif, un acide favorisera le développement dans un milieu alcalin tant qu'il ne le rendra pas acide, et il en sera de même pour un alcali dans un milieu un peu trop acidulé. La substance sera donc favorable ou défavorable suivant les doses.

Dans ces cas, la nature de l'acide ou de la base sera naturellement un peu indifférente. Mais il y en a où les caractères chimiques du sel ajouté, je ne dis pas de sa base, auront de l'importance. Par exemple, M. Behring a fait voir que la bactériodie charbonneuse, semblable en cela à beaucoup de ferments, donnait en se multipliant un acide qui entravait sa croissance ⁽²⁾. Si on ajoute

(1) DUCLAUX. — *Ann. Inst. Pasteur*, III, 1889, p. 391. Il y a des travaux plus récents sur les antiseptiques, mais au point de vue de la désinfection dont nous n'avons pas à nous occuper ici.

(2) Comparez cette particularité à celle que L. Perdrix a signalé pour l'ammoniaque. Il est très intéressant de constater que plusieurs substances du terme R sont capables d'entraver le développement de la bactériodie.

du carbonate de chaux au liquide, cet acide est saturé à mesure de la production et devient inoffensif. Mais on ne pourrait pas remplacer le carbonate de chaux par du carbonate de potasse, sel soluble et alcalin qui rendrait le milieu défavorable au bacille.

On trouve un nouvel exemple de ces faits, paradoxaux seulement en apparence, dans l'étude de l'action antiseptique des sels de mercure et d'or. Le sublimé perd de sa puissance antiseptique dans les milieux alcalins, où le mercure est précipité à l'état d'oxyde. Il la conserve en présence du sel marin, de la peptone ou d'un acide qui l'empêchent de se précipiter ; il la conserve encore mieux dans des milieux où il n'y a pas d'albumine.

Les sels de protoxyde de mercure ressemblent, sous ce point de vue, aux sels d'argent, de sorte qu'on a le spectacle très singulier d'un même métal, le mercure, se comportant de façons très diverses, dans un même milieu, suivant qu'il est à l'état de sel de protoxyde ou de sel de bioxyde... etc. ».

Il faut dégager de l'ensemble des faits connus sur les antiseptiques que, à des doses suffisantes, ces agents peuvent transformer la bactérie soit en un corps qui n'est définitivement plus un plastide et ne peut plus jamais donner de nouveau développement, soit en un corps qui n'est

momentanément plus un plastide, mais qui, débarrassé de la substance antiseptique (de l'ammoniaque par ébullition dans le vide, par exemple) redevient capable de se multiplier dans un milieu convenable.

Dans le premier cas, on a affaire à un poison ; dans le second, on a affaire à un anesthésique, c'est-à-dire à un corps qui contracte bien avec la substance du plastide une combinaison dépourvue de vie élémentaire, mais une combinaison *instable*, capable de se dissocier quand la tension de l'anesthésique devient assez faible dans le milieu et de restituer ainsi la bactériodie intacte. Il y a des anesthésiques généraux, capables d'agir de la même manière sur tous les plastides quels qu'ils soient ; nous venons de voir que certaines substances du terme R de l'équation II ⁽¹⁾ sont des anesthésiques spéciaux à la bactériodie et c'est une notion très importante.

Nous n'avons étudié, dans ce chapitre, la condition n° 2 de la bactériodie que lorsqu'elle conduit à la destruction, à la mort élémentaire de ce plastide. Nous aurons à revenir plus tard sur ce qui se passe lorsque la condition n° 2 est interrompue avant la mort élémentaire et sur les diverses modifications dont la bactériodie peut être le siège dans ce cas particulier très intéressant.

⁽¹⁾ L'ammoniaque (L. Perdrix), un acide (Behring), etc.

CHAPITRE V

—

ÉTUDE DE LA CONDITION N° 3

9. — Existe-t-il, pour la bactériodie, un repos chimique absolu ? Y a-t-il des conditions de milieu dans lesquelles une bactériodie puisse se conserver indéfiniment sans modification, de manière à être capable de recommencer à se multiplier dès qu'on la replacera dans la condition n° 1 ?

Nous devons penser immédiatement que la dessiccation sera une bonne condition pour obtenir ce repos chimique, puisque l'absence d'humidité est en général favorable à la conservation des produits de laboratoire. Or, les expériences de Momont nous ont appris que, en présence ou en l'absence de l'air et de la lumière, à des températures variables, les bactériodies desséchées finissent par mourir au bout de deux mois au plus. Elles ne sont donc pas à la condition n° 3 mais à la condition n° 2 quoique l'activité chimique d'où résulte leur destruction soit extrêmement lente.

En milieu liquide, nous savons que si l'on supprime un des éléments nécessaires à la vie élémentaire manifestée, l'oxygène, par exemple, dans le sang charbonneux (1), la condition n° 2 est réalisée et il y a destruction plus ou moins rapide des bactériidies. Mais, en présence de l'oxygène et dans des conditions déterminées, les bactériidies peuvent subir dans leurs cultures une modification très particulière qui porte sur leur forme et sur leurs propriétés chimiques et les transforme en corps nouveaux doués de repos chimique presque absolu et capables de redonner les bactériidies ordinaires lorsqu'on les remet à la condition n° 1. Ce sont les *spores*. Avant d'aborder leur étude, il faut dire quelques mots des diverses modifications que peut subir la forme de la bactériidie dans ses divers milieux de culture.

Formes de la bactériidie. — Ce qui nous a frappés d'abord dans la bactériidie, ce qui nous a fait remarquer sa présence dans le sang des animaux mourant du charbon, c'est sa forme de bâtonnet. Nous avons ensuite étudié ces corps en forme de bâtonnet et nous avons vu qu'ils sont doués de propriétés chimiques dont la plus remarquable (2) est celle d'être susceptible d'as-

(1) Expérience de Koch, v. p. 19.

(2) Cette propriété est la plus remarquable au point de vue chimique, mais ce n'est pas la plus spéciale au

similation et, par suite, de se multiplier. Nous avons par conséquent été amenés à établir une corrélation entre cette forme de bâtonnets et les propriétés chimiques découvertes et nous sommes arrivés à connaître assez de caractères spéciaux des cultures de bactériidies pour savoir affirmer *sans analyse microscopique* l'existence de ces plastides dans les milieux. Nous sommes donc à même de caractériser ces corpuscules sans tenir compte de leur forme et c'est pour cela que nous saurons ce que nous voulons dire lorsque nous parlerons des *variations de forme de la bactériдие*.

La forme en elle-même n'avait en effet rien d'absolument caractéristique ; il y a tels antiseptiques qui détruisent, tuent la bactériдие sans altérer sa forme le moins du monde et, dans beaucoup de cas, la simple observation microscopique ne nous permet pas de distinguer une bactériдие d'un cadavre de bactériдие ; or, la première est susceptible d'assimilation dans un milieu approprié, le deuxième ne l'est pas ; ces deux corpuscules, identiques de forme, ont donc des struc-

cas qui nous occupe. Tous les plastides, quels qu'ils soient, ont en commun la propriété de vie élémentaire. c'est-à-dire la propriété d'être susceptibles d'assimilation dans un milieu convenable. La bactériдие est plus particulièrement caractérisée par sa réaction vis-à-vis des moutons auxquels elle donne la maladie charbonneuse.

tures chimiques différentes. Eh bien ! de même que la forme peut être identique chez deux corps différents, elle peut être différente chez deux corps que leurs propriétés chimiques ne permettent pas de distinguer ; la bactériodie peut avoir des formes différentes dans des milieux différents. Remarquons d'abord que la dimension de la bactériodie est toujours limitée. Le contraire peut paraître vrai lorsqu'on observe la formation de filaments très longs dans les bouillons de culture, mais, nous l'avons vu, la structure de ces filaments n'est pas homogène ; ils se composent de petits bâtonnets juxtaposés bout à bout, et leur coloration au moyen de matières basiques d'aniline leur donne l'aspect de petits rectangles colorés, séparés par des cloisons plus claires et incolores et entourés d'ailleurs de toutes parts par des cloisons de même nature ou membranes cellulaires.

Or, des observations relatives à d'autres espèces de plastides ⁽¹⁾ nous montreront que l'on doit considérer les parties constitutives de la

(1) Les dimensions des bactériodies sont trop restreintes pour permettre des expériences de mérotomie possibles dans des cellules plus grosses, mais nous devons considérer comme généraux les résultats de ces expériences quoiqu'elles n'aient été réalisées que sur des espèces en nombre restreint, parce qu'ils ont toujours été les mêmes chez des espèces très distinctes.

membrane cellulaire comme des substances du terme R de l'équation de la vie élémentaire manifestée et non comme des substances du terme a ; autrement dit, les éléments qui constituent la membrane sont des *résultats* de l'assimilation mais *n'interviennent pas* activement dans les réactions d'où elle résulte. Il est facile de voir que la forme de l'équation n'est pas modifiée pour cela. Soit, en effet, m la membrane d'une bactérie unique a . Écrivons que la bactérie a doublé :

$$(x) \quad a + m + Q = 2a + 2m + r.$$

Cette équation peut se mettre sous la forme

$$(\beta) \quad (a + m) + Q = 2(a + m) + r$$

qui est identique à

$$(II) \quad a + Q = \lambda a + R$$

où a serait remplacé par $(a + m)$.

Ce que prouveront plus tard les expériences de mérotomie relatives à des plastides plus gros, c'est que l'on peut supprimer m au premier membre de l'équation (x) sans rien changer aux réactions ; seulement il faudra aussi supprimer ce terme au second membre et on aura :

$$(x') \quad a + Q = 2a + m + r$$

équation qui ne peut être assimilée à l'équation

(II) que si l'on considère la somme $(m + r)$ comme représentant le terme R de cette dernière.

Cette restriction faite et en comprenant sous le terme a uniquement les substances qui interviennent activement dans les réactions d'où résulte leur propre multiplication, nous dirons que dans la préparation précédente des bactériidies, les petits rectangles colorés sont seuls l'image de la masse de substances *plastiques* ou *protoplasmiques* de ces plastides, les parties constitutives de la membrane étant uniquement des produits accessoires des réactions assimilatrices ; alors a représentera les substances plastiques, ou le plastide proprement dit ; la membrane fera partie du terme R de l'équation II.

Cette distinction était nécessaire pour l'étude des variations de la forme des bactériidies dans les divers milieux, car nous devons appeler forme de ces plastides, la forme de la masse de leurs substances plastiques, et il ne faudra pas considérer comme des variations de forme, des variations de cohésion entre des bactériidies voisines.

Nous avons vu plus haut que les substances R varient avec les substances Q, c'est-à-dire que les produits accessoires de l'assimilation varient avec la nature du milieu dans lequel elle a lieu ; mais nous avons dû nous rendre compte que

les substances plastiques ne sont pas modifiées, au moins dans les variations de milieu que nous avons étudiées jusqu'ici puisque, après un passage dans le bouillon par exemple, les bactériidies réinoculées à un mouton se comportent exactement de la même manière que si le passage en bouillon n'avait pas eu lieu.

Or dans le bouillon, en présence d'oxygène libre, il y a des filaments très longs qui n'existent jamais dans le sang d'un animal charbonneux, mais nous sommes immédiatement amenés par les considérations précédentes à nous dire que la fabrication annexe des substances de la membrane est différente suivant que la provision d'oxygène est libre ou faiblement combinée ; dans le premier cas, la membrane est plus résistante et retient associées en filament un plus grand nombre de bactériidies. Ce n'est donc pas de la forme filamenteuse ou dissociée que nous devons nous préoccuper quand nous parlons de la variation de forme de notre plastide ; c'est la forme du plastide lui-même qui doit nous intéresser.

Cette forme est assez peu variable dans les divers milieux quoique cependant des différences aient été signalées. M. Huber (1) a constaté que

(1) HUBER. — *Experimentelle Studien über Milzbrand*, Deutsche med. Wochens., 1881, p. 89.

les bactériidies sont plus courtes chez les bœufs, plus longues chez les cobayes et les souris. M. Straus a cru remarquer qu'elles sont plus courtes chez l'homme que chez les rongeurs.

Qu'est-ce, somme toute, que la forme de la bactériдие? C'est la position d'équilibre d'une masse déterminée de substances plastiques dans des conditions physico-chimiques déterminées; c'est donc quelque chose de comparable à la forme d'une goutte d'huile suspendue dans un liquide de même densité avec lequel elle n'est pas miscible. Or, voilà précisément une comparaison qui nous permettra de nous rendre compte de la dimension limitée des plastides; ils sont, en effet, à l'état de vie élémentaire manifestée, dans une agitation chimique perpétuelle. Réalisons pour notre goutte d'huile en équilibre statique un état d'agitation mécanique comparable à cette agitation chimique, la goutte d'huile se divisera en des gouttelettes de moindre dimension, et pour une agitation donnée, il y aura un maximum déterminé de la dimension possible des gouttelettes; de même, dans des conditions de milieu qui réalisent une agitation chimique donnée, il y aura un maximum déterminé de la dimension des bactériidies et nous constatons en effet que ce maximum existe et est quelque peu différent pour des conditions différentes (mouton, cobaye, homme).

Mais il faut immédiatement remarquer que la formation d'une membrane rigide s'oppose au bout de quelque temps à la variation de la forme des bactériidies. Supposons que la partie superficielle de notre goutte d'huile s'entoure bientôt d'un exsudat capable de se solidifier au contact du liquide ambiant : l'huile sera désormais contenue dans une sphère creuse résistante, et l'on pourra agiter le liquide qui la contient sans modifier sa forme. De même, pour la bactériдие, les conditions mécaniques existant dans le milieu au moment où elle se construit, déterminent ses dimensions et sa forme, mais cette forme et ces dimensions sont ensuite fixées par l'incrustation de la paroi extérieure. On constate en effet que la membrane est assez résistante pour que certains réactifs détruisent complètement son contenu sans altérer sa forme particulière.

Il y a là quelque chose d'analogue à la formation des cristaux. Les conditions d'équilibre existant dans un liquide en voie de cristallisation, déterminent, pour un corps chimiquement défini, la formation de cristaux déterminés ; une fois ces cristaux formés et *solides*, on peut tailler à leur intérieur un solide de forme quelconque qui n'a plus aucun rapport avec la forme d'équilibre au moment de la cristallisation. Eh bien ! de même qu'il y a une relation établie entre la structure moléculaire et la forme cris-

talline, il y a de même un rapport indéniable entre la forme de notre bactériodie et sa composition chimique puisque, nous l'avons vu, sa forme peut suffire à nous faire prévoir ses propriétés.

Nul doute qu'il y ait souvent confusion entre une bactériodie et un cadavre de bactériodie, corps qui peuvent être identiques comme forme et avoir des propriétés différentes ; mais la pseudomorphose d'un cristal de calcite a sa forme exacte et est composée d'une substance quelquefois très différente.

Il faut donc considérer comme établi qu'il y a un rapport entre la forme d'une bactériodie, sa constitution chimique et les conditions d'équilibre dans lesquelles elle s'est construite, comme cela a lieu pour les cristaux. Or, les conditions d'équilibre de l'assimilation étant surtout des conditions d'activité chimique, nous devons penser que la présence de telle ou telle substance dans le milieu sera capable de modifier la forme des bactériodies et, en effet, nous avons déjà constaté des différences de forme entre celles qui sont cultivées dans le sang d'un cobaye et celles qui sont cultivées dans le sang d'un mouton.

Mais il y a des variations morphologiques plus considérables, témoin les formes d'involution.

On donne ce nom à des bactériodies de formes

très diverses, comme celles de petites bouteilles, de sphères plus ou moins régulières, qui apparaissent surtout dans les cultures très anciennes. Or, nous savons que la croissance même de la bactériodie dans un milieu limité a pour effet de modifier considérablement ce milieu : Destruction des substances Q, accumulation des substances R. C'est surtout ce dernier phénomène d'accumulation des substances R qui a de l'importance ; nous avons vu en effet que quelques-unes de ces substances comme l'ammoniaque (Perdrix), un acide (Behring), etc., sont capables d'entraver par leur seule présence la multiplication de la bactériodie même dans un milieu qui, en dehors de ces substances nuisibles, contient tout ce qui est nécessaire à l'assimilation. Quoi d'étonnant si des matières qui ont une importance si évidente dans les conditions chimiques de la formation des bactériodies modifient la forme de ces bactériodies ?

Ce sont des considérations de cette nature qui vont nous permettre de nous rendre compte de la formation si intéressante des corpuscules germes, ou *spores* de résistance, qui ont une importance capitale dans la conservation des plastides.

CHAPITRE VI

SPORES ET SPORULATION. VIE LATENTE

10. — C'est M. Koch ⁽¹⁾ qui a découvert la formation des spores dans la bactériidie et il a déterminé en même temps que cette formation exigeait la présence d'oxygène libre ⁽²⁾ et certaines conditions de température.

La spore est un corpuscule brillant, ovoïde, réfringent, entouré d'un anneau de substance claire. Elle apparaît dans l'intérieur de la cellule formée par la membrane d'une bactériidie et semble se constituer aux dépens de toutes les substances plastiques de cette bactériidie qui se condenseraient ainsi au centre de la cellule formée par la membrane.

(1) KOCH. — *Die Aetiologie der Milzbrand-Krankheit, begründet auf die Entwicklungsgeschichte des Bacillus Anthracis*, Cohn's Beiträge zur Biologie der Pflanzen, t. II, 1876.

(2) Les spores ne se forment jamais en effet dans le sang des animaux malades où l'oxygène est combiné à l'hémoglobine.

Voici comment M. Koch constata leur formation (1) : « Sur une lame on porte une goutte de sérum de sang de bœuf frais ou d'humeur aqueuse fraîchement prélevée sur un œil de bœuf ; on y place un très petit fragment de rate fraîche de souris charbonneuse ; on recouvre avec une lamelle. Le tout est placé dans une chambre humide et mis à l'étuve à une température de 35 à 37°. Au bout de quinze à vingt heures on examine la préparation et voici ce que l'on constate : Au centre de



Fig. 3

Un filament contenant des spores.

la préparation (c'est-à-dire où l'air n'a pas pu arriver) on trouve les bacilles presque intacts et sans modification, au milieu des globules rouges des cellules de la pulpe sphérique. Lorsqu'on se rapproche du bord de la lamelle à

(1) STRAUS. — *Le charbon des animaux et de l'homme*. Leçons faites à la Faculté de médecine de Paris, 1887, p. 57.

couvrir, on voit des bacilles (1) très allongés,

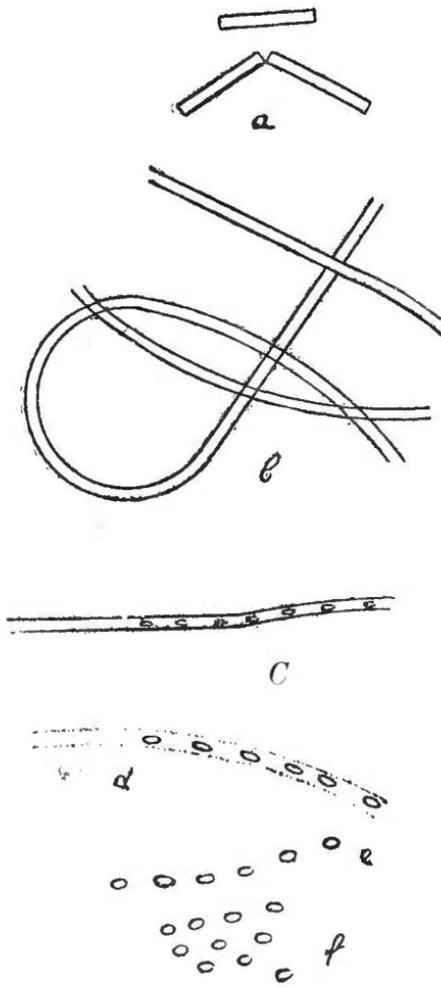


Fig. 4

Formation des spores d'après Koch.

trois à huit fois plus longs que les bacilles normaux et qui commencent à se contourner; au fur et à mesure qu'on se rapproche du bord de la préparation, les bacilles s'allongent de plus en plus, jusqu'à donner des filaments flexueux cent fois plus longs que le bacille. En même temps ces filaments ont perdu leur transparence parfaite et leur contenu

(1) Le mot bacille (*bacillus*, petit bâton) est souvent employé au lieu du mot bactérie qui a la même signification.

est devenu finement granuleux ; en outre, à des espaces réguliers, apparaissent des corpuscules brillants, fortement réfringents : ce sont les spores naissantes. Tout à fait au bord de la préparation, là où l'air afflue abondamment, les filaments contiennent des spores typiques, avec leur forme ovoïde, alignées régulièrement à la façon des perles d'un collier, dans l'intérieur du filament dont la substance tend de plus en plus à se résorber ; ailleurs cette substance est totalement résorbée et la disposition primitive des spores dans le filament n'est plus rappelée que par l'alignement moniliforme des spores ; enfin, par places, il existe des amas de spores tout à fait libres. Ainsi, dans la même préparation, on trouve toutes les formes de transition entre le bacille et la spore libre, en passant par l'état de filament simple et de filament sporifère ».

Cette description pourrait sembler se rapporter à un cas de désintégration granuleuse des bactériidies, dans lequel toutes les substances plastiques détruites donneraient naissance à une granule unique restant au milieu de la membrane vide. Mais ce n'est pas du tout ce qui s'est passé ; il n'y a pas eu destruction des substances plastiques ; la spore transportée dans un milieu nouveau réalisant la condition n° 1 redevient une bactériidie identique à celle d'où elle provient et qui recommence dans ce nouveau mi-

lieu sa vie élémentaire manifestée. La spore est une bactériodie condensée à l'état de repos chimique.

A quoi devons-nous attribuer cette production étrange qui a lieu dans un milieu réalisant la condition n° 1 pour la bactériodie puisque, à côté des filaments qui donnent des spores il y en a d'autres qui assimilent et se développent ?

Et d'abord quelles sont les conditions exactes dans lesquelles se forment les spores ?

La température doit être comprise entre 18 et 42° centigrades. C'est à 35° que la sporulation est le plus rapide ; elle se fait complètement en vingt heures, c'est-à-dire qu'il y a des spores au bout de vingt heures dans une culture commencée avec quelques bactériodies dans du bouillon neuf. A 30° centigrades, il faut trente heures. A 18 ou 20°, il faut deux ou trois jours. Au-dessous de 18° il n'y a plus production de spores, mais, dans ces conditions, le développement filamenteux est peu abondant ; il cesse complètement au-dessous de 12°. Au contraire, à 42 et 43° centigrades, le développement de la bactériodie est encore très abondant dans du bouillon neutre de poule, mais il n'y a pas formation de spores.

L'oxygène libre est indispensable à la sporulation. Lorsqu'on puise du sang à l'intérieur d'un animal charbonneux, on ne trouve *jamais* de spores dans les bactériodies qu'il contient, or,

on sait que le sang contient de l'oxygène, non pas dissous, mais *combiné* avec l'hémoglobine et c'est à cette particularité que l'on a attribué la non formation des spores. En effet, on ne saurait attribuer cette non-formation à une propriété chimique du sang, puisque, ce même sang, sorti des vaisseaux de l'animal et exposé à l'air libre, se peuple bientôt de longs filaments qui, à une température convenable se remplissent de spores. Il y aurait donc là quelque chose de parallèle à ce fait que les filaments bactériens n'ont jamais, dans le sang des animaux malades, plus de trois ou quatre articles, tandis qu'en présence de l'air libre, ils peuvent acquérir une bien plus grande longueur. Nous avons vu plus haut que cette dernière particularité est une conséquence de la variation des substances du terme R avec les substances du terme Q de l'équation.

$$(II) \quad \alpha + Q = \lambda\alpha + R.$$

La membrane cellulaire, ou, si l'on préfère, le ciment qui agglutine en série les diverses bactéries étant une substance du terme R, les filaments sont plus ou moins susceptibles de résister à la rupture suivant la nature des substances R et, par conséquent, suivant celle des substances Q. Toutes ces considérations nous amènent à envisager la formation des spores

comme un phénomène dépendant du terme R de l'équation de la vie élémentaire manifestée.

Cependant, au premier abord, il semble qu'on ne puisse expliquer la sporulation par l'action des substances R, puisque, au début de la sporulation au moins, il y a des bactériidies qui continuent de croître à côté de celles dans lesquelles les spores apparaissent.

Aussi n'est-ce pas de l'accumulation des substances R dans le milieu de culture, mais bien de cette accumulation *dans l'intérieur même de la membrane cellulaire* que doit dépendre la formation des spores. Il est bien certain que, par suite des phénomènes d'osmose, l'accumulation de ces substances à l'intérieur des membranes est en rapport avec leur proportion à l'extérieur, et, en effet, au bout d'un temps assez long, *toutes* les bactériidies sont transformées en spores et tombent au fond du bouillon de culture ; mais, par suite de la production constante de substances plastiques à la condition n° 1, il y a production constante de substances R, d'où deux conséquences : 1° les substances R non solubles accroissent l'épaisseur de la membrane, 2° les substances R solubles produites dans le plastide lui-même diffusent de moins en moins vite, d'abord parce que la membrane s'épaissit, ensuite parce que l'accumulation des substances R dans l'ensemble du milieu rend la diffusion plus lente

de l'intérieur des cellules vers l'extérieur. On conçoit donc que la proportion de substances R soit plus grande dans les bactériidies *vieilles* que dans les jeunes nouvellement formées. Et, en effet, c'est dans les plus vieilles bactériidies que les spores apparaissent d'abord.

Ce qui prouve l'influence indéniable de l'accumulation des substances R dans le milieu, c'est que si l'on transporte dans un bouillon neuf une bactériidie ayant déjà assimilé pendant cinq heures dans un bouillon convenable, à une température favorable à la sporulation, puis si on la transplante avec celles qui en proviennent cinq heures après dans un nouveau bouillon, et ainsi de suite, on n'obtient pas de spores dans le délai qui eut suffit — vingt heures par exemple à 35° centigrades, — si l'on n'avait pas changé le bouillon.

Et ceci nous fait immédiatement concevoir que, dans le sang d'un animal vivant, indépendamment de la différence des conditions chimiques (oxygène combiné avec l'hémoglobine au lieu d'oxygène libre), il y a une raison qui s'oppose à la sporulation dans l'épuration constante du milieu sanguin par la vie même de l'animal hôte (élimination par le rein et les glandes, action des divers tissus, etc.) ; les spores ne se formeraient pas davantage dans un milieu, non vivant, où l'oxygène serait libre, si le milieu

comme un phénomène dépendant du terme R de l'équation de la vie élémentaire manifestée.

Cependant, au premier abord, il semble qu'on ne puisse expliquer la sporulation par l'action des substances R, puisque, au début de la sporulation au moins, il y a des bactériidies qui continuent de croître à côté de celles dans lesquelles les spores apparaissent.

Aussi n'est-ce pas de l'accumulation des substances R dans le milieu de culture, mais bien de cette accumulation *dans l'intérieur même de la membrane cellulaire* que doit dépendre la formation des spores. Il est bien certain que, par suite des phénomènes d'osmose, l'accumulation de ces substances à l'intérieur des membranes est en rapport avec leur proportion à l'extérieur, et, en effet, au bout d'un temps assez long, *toutes* les bactériidies sont transformées en spores et tombent au fond du bouillon de culture ; mais, par suite de la production constante de substances plastiques à la condition n° 1, il y a production constante de substances R, d'où deux conséquences : 1° les substances R non solubles accroissent l'épaisseur de la membrane, 2° les substances R solubles produites dans le plastide lui-même diffusent de moins en moins vite, d'abord parce que la membrane s'épaissit, ensuite parce que l'accumulation des substances R dans l'ensemble du milieu rend la diffusion plus lente

de l'intérieur des cellules vers l'extérieur. On conçoit donc que la proportion de substances R soit plus grande dans les bactériidies *vieilles* que dans les jeunes nouvellement formées. Et, en effet, c'est dans les plus vieilles bactériidies que les spores apparaissent d'abord.

Ce qui prouve l'influence indéniable de l'accumulation des substances R dans le milieu, c'est que si l'on transporte dans un bouillon neuf une bactériidie ayant déjà assimilé pendant cinq heures dans un bouillon convenable, à une température favorable à la sporulation, puis si on la transplante avec celles qui en proviennent cinq heures après dans un nouveau bouillon, et ainsi de suite, on n'obtient pas de spores dans le délai qui eut suffit — vingt heures par exemple à 35° centigrades, — si l'on n'avait pas changé le bouillon.

Et ceci nous fait immédiatement concevoir que, dans le sang d'un animal vivant, indépendamment de la différence des conditions chimiques (oxygène combiné avec l'hémoglobine au lieu d'oxygène libre), il y a une raison qui s'oppose à la sporulation dans l'épuration constante du milieu sanguin par la vie même de l'animal hôte (élimination par le rein et les glandes, action des divers tissus, etc.) ; les spores ne se formeraient pas davantage dans un milieu, non vivant, où l'oxygène serait libre, si le milieu

était constamment renouvelé comme l'est le milieu intérieur d'un animal.

Mais, dira-t-on, les spores ne se forment pas dans le sang d'un animal *mort* si l'oxygène n'intervient pas, si le sang ne s'écoule pas à l'extérieur au contact de l'air. Cela est bien certain puisque, en l'absence complète d'oxygène, condition qui se trouve réalisée peu après la mort lorsque les bactériidies ont réduit toute l'oxyhémoglobine (1) la vie élémentaire manifestée des bactériidies est entravée, la condition n° 2 survient et la destruction commence. Or, c'est uniquement la vie élémentaire manifestée qui, en même temps que les substances plastiques, produit les substances du terme R à l'action desquelles nous avons été amenés à attribuer la sporulation. L'influence des substances R sur les substances plastiques se manifestera dans toute la biologie et nous en trouverons des exemples saisissants chez les sporozoaires et les êtres vivant dans des milieux très restreints. Nous ne connaissons pas encore assez la chimie des plastides pour déterminer d'une manière précise le mécanisme de cette action ; contentons-nous de la constater ici ; nous avons déjà vu que l'accumulation de quelques-unes des

(1) Voyez l'expérience de Koch, p. 19.

substances R (ammoniaque, ou acide) ⁽¹⁾ peuvent arrêter la vie élémentaire manifestée en jouant le rôle d'anesthésiques par rapport à la bactériodie même qui les a produites ; ici nous trouvons quelque chose de plus curieux encore ; l'accumulation de ces substances dans l'intérieur de la membrane cellulaire, non seulement arrête la vie élémentaire manifestée de la bactériodie, mais encore modifie complètement sa forme d'équilibre et la transforme en un corps ovoïde qui est doué d'une résistance extraordinaire aux divers agents de destruction. C'est là la véritable condition n° 3.

11. Résistance des spores de bactériodies.

— Nous savons que les substances plastiques de la bactériodie sont en quelque sorte condensées dans la spore ; nous devrions donc nous attendre à ce que les divers agents qui détruisent la bactériodie détruisent la spore de la même façon ; or, il n'en est rien ; l'état spécial de repos chimique dans lequel se trouvent les substances plastiques à l'intérieur de la spore les rend difficilement pénétrables aux agents chimiques, et dans des conditions où la bactériodie ordinaire serait entièrement détruite, la spore reste inattaquée.

Ainsi, une température de 50° suffit à détruire

(1) Voyez p. 21 et p. 22.

en quelques minutes les bactériidies à l'état filamenteux. Les spores résistent plus de dix minutes à une température de 95° centigrades. On peut les chauffer un grand nombre d'heures à 70° sans les faire périr, ce que l'on constate en les portant ensuite dans un bouillon à la condition n° 1 où elles donnent un développement abondant.

Cependant, M. Roux (1) l'a fait remarquer, toutes les spores ne sont pas douées d'une résistance identique ; il y a entre elles des différences individuelles tenant aux conditions de leur production. A une même température sèche, elles résistent beaucoup plus longtemps à l'abri de l'air qu'en présence de l'oxygène. Elles résistent longtemps en milieu humide à la lumière du soleil, mais souffrent assez vite d'une action simultanée de l'air et de la lumière.

Des spores desséchées de bactériidies peuvent supporter, sèches, des températures très élevées. MM. Pasteur et Joubert ont fait une expérience très curieuse sur leur résistance aux agents chimiques ; le sang charbonneux, pris à un animal, ne contient pas de spores ; si on le traite par l'alcool absolu on détruit toutes les bactériidies,

1) Roux. — *De l'action de la chaleur et de l'air sur les spores de la bactérie du charbon.* Ann. Inst. Pasteur, I, 1887.

tandis que la même opération, appliquée aux spores, conserve à celles-ci leur aspect et leur faculté de développement dans les liquides appropriés.

Dans les conditions ordinaires de dessiccation, nous avons vu que la résistance des bactériidies filamenteuses est limitée (1) ; la résistance des spores est *beaucoup* plus longue dans les mêmes conditions, ce qui est très utile à la conservation des bactériidies.

On ne connaît pas, pour les spores de bactériidies, de résultat d'observation aussi longue que la suivante, mais il est probable que ce que M. Duclaux a observé pour d'autres spores doit être vrai aussi pour celles dont nous nous occupons ici. Voici cette observation : « M. Duclaux a eu l'occasion d'étudier les spores de divers microbes ayant servi en 1859 et 1860 aux célèbres recherches de M. Pasteur sur la génération spontanée, conservés dans leur liquide de culture, en vase clos, et par conséquent presque entièrement soustraits à l'air depuis cette époque. « J'en ai trouvé de vivantes, dit-il, après un quart de siècle, et dont le rajeunissement (2) n'était pas plus long que si elles dataient de la

(1) MOMONT — *Op. cit.* v. p. 31.

(2) Rajeunissement veut dire germination, retour à la vie élémentaire manifestée.

veille. Rien ne fait supposer qu'elles aient été atteintes en quoi que ce soit par ce long assouplissement, et il semble qu'on devra les trouver encore, après un nouveau quart de siècle, ce qu'elles sont aujourd'hui ».

M. Duclaux, il est vrai, ajoute que ce mode de conservation des spores, dans un liquide à l'abri de l'air, est rare dans la nature, où la spore est surtout exposée à se dessécher et à être emportée par le vent. Dans ces conditions, il est douteux qu'il puisse rester une spore vivante après vingt ans. « J'ai opéré, dit-il, sur des bourres de coton ayant cet âge, chargées de millions de germes puisés dans l'air depuis vingt ans. Tous ces germes, conservés depuis à la lumière diffuse, dans les conditions de la poussière de nos appartements se sont montrés stériles ». Mais il n'est pas nécessaire d'une persistance de vie aussi extrême pour justifier la qualification de forme durable (*Dauerspore*) appliquée à la spore ⁽¹⁾ ».

Il est assez difficile, à cause de la petitesse des spores, d'avoir des renseignements précis sur leur structure. Elles semblent entourées d'une auréole claire et M. Koch ⁽²⁾ avait pensé que cette auréole claire était la masse des substances plastiques de la spore, la masse centrale se réduisant

(1) STRAUS. — *Le charbon des animaux et de l'homme*.

(2) KOCH. — *Op. cit.* dans *Cohn's Beitrage*, t. II.

à une goutte d'huile. Cette idée lui était venue d'une observation erronée de la germination. Il semble bien plus probable que la masse des substances plastiques est la masse centrale et que l'auréole est au contraire un exsudat de substances R primitivement mélangées aux substances plastiques et qui s'en séparent par la contraction dont la spore est l'objet.

Quoi qu'il en soit de la nature de cette auréole ou « membrane de la spore », la membrane cellulaire à l'intérieur de laquelle a lieu la sporulation se désagrège assez vite le plus souvent, de sorte que les spores après avoir été quelque temps disposées en chapelets sont mises en liberté et se trouvent dans le milieu à l'état d'amas irrégulier. Leur densité les fait tomber au fond du liquide de culture où elles forment bientôt une couche plus ou moins épaisse. Une culture qui a été conservée assez longtemps en présence de l'oxygène de l'air à une température favorable (30 à 35° centigrades) finit par ne plus contenir aucune bactériodie filamenteuse, mais seulement des spores réunies au fond du vase.

Que l'on vienne à transporter une de ces spores dans un bouillon nouveau réalisant la condition n° 1, c'est-à-dire dans un bouillon contenant toutes les substances Q nécessaires et dépourvu des substances nuisibles R, cette spore va se transformer en une bactériodie qui se trou-

vera à l'état de vie élémentaire manifestée et se développera par assimilation. On donne le nom de germination de la spore à la transformation de ce corpuscule en une bactériodie. M. Koch l'avait décrite d'une manière erronée: Voici plus probablement comment elle se produit :

« Déjà M. Klein avait objecté que si l'enveloppe extérieure de la spore était de nature protoplasmique, on s'expliquerait difficilement le pouvoir de résistance de la spore à l'élévation de température par exemple ; ce fait, entre autres, tendrait plutôt à faire supposer que la partie vivante du germe est centrale et protégée extérieurement par une enveloppe. Les recherches de Prazmowski et de Brefeld ont montré qu'il en est en effet ainsi, et que la portion centrale, réfringente de la spore, est bien le protoplasma, entouré d'une membrane très fine mais résistante. Ce que M. Koch décrivait comme un manteau extérieur de protoplasma ne serait autre chose qu'une couche gélatineuse, qui, loin de s'accroître et de s'allonger lors de la germination, disparaîtrait à ce moment. En réalité, la germination s'effectue de la façon suivante :

La spore augmente de volume et perd de sa réfringence ⁽¹⁾ ; puis, à l'un des pôles du grand

(1) Probablement parce qu'elle est pénétrée, imbibée par les substances du milieu favorable où elle a été introduite.

axe, apparaît une intumescence (*fig. 2 c*) qui indique l'émergence du bacille naissant. La membrane d'enveloppe de la spore subit à ce niveau une déchirure ou une déhiscence par où le protoplasma fait issue. Cette déchirure qui est très nette sur un certain nombre d'autres bacilles n'est pas visible, suivant M. De Bary, sur la spore du *bacillus anthracis* (¹) dont la germination s'effectue sans éclatement apparent ni soulèvement de la membrane d'enveloppe. Il est probable que celle-ci subit, dès le début de la germination, une résorption ou une dissolution rapide, d'où l'impossibilité d'en apercevoir ni la rupture ni même les vestiges. Le protoplasma mis en liberté continue sa croissance, s'allonge et prend finalement la forme d'un bacille.

D'après V. Frisch et Prazmowski, ces bacilles naissants seraient souvent animés d'un mouvement actif, mais lourd et peu accusé. M. Tous-saint a fait la même constatation : « Les bactéri-dies, dit-il, provenant de spores possèdent, lorsqu'elles commencent à paraître, de légers mouvements par lesquels elles peuvent changer leurs rapports, mais de très peu ; lorsqu'on examine un groupe de trois ou quatre spores rassemblées à petite distance, on les voit s'écarter ou se rapprocher les unes des autres par des

(¹) Synonyme de *bactéridie charbonneuse*.

mouvements lents d'oscillation et dans des liquides tout à fait immobiles. Les mouvements cessent complètement aussitôt que la bactériodie a acquis assez de longueur pour se segmenter ⁽¹⁾ ».

12. — Arrêtons-nous un instant à cette dernière remarque, non pour étudier le mouvement des plastides dont nous ferons l'examen à propos d'une espèce franchement mobile ⁽²⁾, mais pour constater une variation des propriétés des bactériodies avec leur *âge*. Ce mot *âge* pouvait sembler d'abord n'avoir aucune signification précise chez des êtres aussi simples et nous sommes cependant conduits à lui en attribuer une. C'est l'accumulation des substances R constituant la membrane cellulaire qui rend immobile un plastide primitivement mobile ; nous devons donc considérer cette accumulation comme la cause déterminante du vieillissement de la bactériodie. Bien plus, il y a d'autres substances du terme R qui sont solubles et qui se répandent dans tout le milieu de culture ; quelques-unes de ces substances sont susceptibles d'entraver la vie élémentaire manifestée des

⁽¹⁾ STRAUS. — *Le charbon des animaux et de l'homme*, p. 81.

⁽²⁾ Voyez aussi : *Théorie nouvelle de la vie*, Bibliothèque scientifique internationale, livre I, chap. II.

bactéridies : on dit que la culture est vieille, quand l'accumulation de ces produits nuisibles est considérable. Puis, l'accumulation de certaines de ces matières dans l'intérieur de la cellule elle-même y détermine la sporulation — produit ultime du vieillissement de la bactéridie. Le cycle évolutif est fermé, nous voilà revenu à notre point de départ, la spore, débarrassée de substances R par exsudation. Cette spore transportée dans un milieu nouveau donnera une culture *rajeunie* qui vieillira petit à petit comme la précédente, et ainsi de suite. C'est la culture qui vieillit et non les bactéridies elles-mêmes.

Si, à un moment donné de l'évolution que nous venons d'étudier, nous débarrassons le milieu de ces substances R accumulées, nous obtenons de même un rajeunissement de la culture (ébullition dans le vide qui chasse l'ammoniaque, L. Perdrix) (1). On avait pensé que le vieillissement provenait surtout de la destruction des substances Q dans le milieu. Il n'en est rien ; on peut rajouter des substances Q (aliments) dans le milieu sans rajeunir la culture, si l'on ne chasse pas en même temps les substances R dont la présence entrave la vie élémentaire manifestée. Toutes ces considérations

(1) V plus haut p. 22.

expliquent que, dans un milieu de composition relativement constante comme le sang d'un animal vivant, la culture s'arrête toujours à un âge déterminé et ne donne pas, par exemple, les produits ultimes de son vieillissement, c'est-à-dire les spores (1). Nous avons vu que la bactériodie ne sporule pas dans les animaux.

13. — On a donné le nom de *vie latente* ou *vie élémentaire latente*, à l'état particulier où se trouvent les substances plastiques dans la spore. Ce que nous avons appris jusqu'à ce moment de l'histoire de la bactériodie ne nous fait pas concevoir la nécessité de cette expression singulière. Nous avons vu que la *vie élémentaire* est la propriété pour un corps d'être un plastide ; la *vie élémentaire manifestée* est l'activité de ce plastide dans la condition n° 1 ; dans toute autre condition d'activité chimique il y a *destruction plastique* menant à la *mort élémentaire* ; toutes ces expressions ont leur raison d'être et désignent des choses très précises. Il n'en est pas de même de l'expression *vie élémen-*

(1) Il se peut qu'il y ait aussi dans cette absence de sporulation une conséquence des différences de conditions chimiques (substances Q), comme la combinaison de l'oxygène avec l'hémoglobine, par exemple. Nous avons déjà attribué à cette différence la dimension restreinte des chapelets de bactériodies dans le sang, mais cette rupture des filaments est peut-être aussi une conséquence mécanique de l'agitation du sang.

taire latente qui désigne, il est vrai, une chose précise, mais que le mot *repos chimique*, applicable à tous les corps bruts, remplace avec avantage. Cette manière de parler provient d'une notion surannée de la vie élémentaire, simple propriété chimique comparée à tort à la vie, *phénomène* complexe, des êtres supérieurs. On ne dit pas du chlorure de sodium conservé dans un flacon à l'abri de tout agent de destruction qu'il est à l'état de *fonction chlorure latente*. Le seul fait intéressant qu'il faille rechercher sous cette appellation *vie latente*, c'est que, ayant étudié d'abord les bactériidies à l'état de vie élémentaire manifestée, nous ne pouvions pas affirmer *a priori* que le repos chimique absolu existerait pour ces corpuscules bizarres ; la découverte de M. Koch nous a appris l'existence d'un repos chimique, au moins relatif, dans la spore ; les observations de M. Duclaux sur de vieilles cultures datant de vingt-cinq ans nous ont permis de présumer que *dans des conditions convenables* le repos chimique absolu n'est pas impossible ; les expériences de Momont sur la dessiccation semblent indiquer que seules les spores en sont susceptibles, la bactériidie filamenteuse desséchée ayant toujours une durée limitée.

Seulement, l'expression « vie latente » peut sembler avoir un certain intérêt pour distinguer

la spore encore douée de vie élémentaire de celle qui, sans avoir changé de forme, a perdu cette propriété sous l'influence d'agents nuisibles. Il vaut mieux appeler spore la première seule, et dire que la seconde est un cadavre, une pseudomorphose de spore.

14. Forme des colonies de bactériidies cultivées sur divers milieux. — Avant de passer à l'étude de la propriété très curieuse désignée sous le nom de virulence, il faut dire quelques mots d'une question peu importante par elle-même pour l'instant, mais qui ne peut être négligée dans l'étude complète de la bactériidie.

Nous avons vu que les filaments provenant des cultures dans le bouillon ou dans tous les autres milieux liquides *directement oxygénés* sont beaucoup plus longs que les chapelets de trois ou quatre articles au plus existant dans les animaux charbonneux. Si l'on rend solides ces milieux en y ajoutant une substance comme la gélatine, ils n'en restent pas moins très propres à la culture de la bactériidie en présence de l'oxygène.

On donne, en général, le nom de colonies aux enchevêtrements de filaments provenant, sur un tel milieu, d'une bactériidie isolée, ou au moins d'un petit groupe de bactériidies. Ces colonies ont, sur certains milieux, des formes caractéris-

tiques pouvant permettre de reconnaître la bactériidie sans autre considération. Les cultures sur gélatine sont particulièrement commodes pour cette détermination.

« On obtient aisément de belles colonies sur plaques ⁽¹⁾, en maintenant les cultures à une température d'au moins 15°. Dans ces conditions, on aperçoit déjà après vingt-quatre heures, à l'œil nu, de petits points blancs dans la gélatine. Examinés à un grossissement de 60 diamètres environ, ces points apparaissent comme autant de petites colonies granuleuses arrondies, teintes d'une couleur jaune sale, à bords légèrement sinueux. Ces colonies grandissent de plus en plus ; l'aspect de leur substance change. Au bout de trente-six heures, il se forme dans leur masse des filaments très reconnaissables qui la font ressembler à un petit amas de fil irrégulièrement pelotonné ; les sinuosités des filaments apparaissent nettement à la périphérie ; certains d'entre eux peuvent même sortir de la masse et

(1) La culture sur plaques se fait au moyen de plaques de verre stérilisées et recouvertes d'une couche mince de bouillon gélatinisé, solidifié à froid ; on ne peut porter ces plaques à la température optima de 30 à 35 degrés centigrades, parce qu'à cette température le bouillon gélatinisé se liquéfie, et l'on perd ainsi l'avantage cherché de la solidification du milieu de culture.

onduler dans la gélatine ambiante. Les colonies de trois ou quatre jours ont un aspect tout autre. Elles sont entièrement formées par un rassemblement de filaments réunis en mèches ondulées d'aspect élégant, rappelant les cheveux bouclés, ou de flocons cotonneux blanchâtres, réguliers, plongés dans la gelée transparente. Quand des colonies ont atteint trois ou quatre millimètres, la gélatine se liquéfie autour d'elles ; elles se désagrègent, les flocons dissociés flottent dans un liquide ⁽¹⁾ ».

Sur d'autres milieux, gélose, pomme de terre, sérum solidifié, etc., la culture a lieu également mais la forme des colonies est moins caractéristique ; on en trouvera des descriptions dans tous les traités de microbiologie.

(1) MACÉ. — *Traité pratique de Bactériologie*, p. 388.

CHAPITRE VII

—

VIRULENCE

15. — C'est à la virulence de la bactériodie pour divers animaux que nous devons l'existence d'un si grand nombre de travaux de laboratoire relatifs à l'histoire de ce plastide ; la plupart de ces travaux ont pour objet la pathologie, mais le biologiste y trouve néanmoins une ample moisson de faits qu'il serait impossible de réunir dans l'état actuel de la science pour une espèce non pathogène. D'ailleurs, l'organisme des animaux susceptibles de contracter la maladie charbonneuse est un réactif sinon toujours constant, du moins toujours *très sensible* et pouvant nous renseigner ainsi sur des variations que l'analyse chimique ordinaire ne nous permettrait pas de constater. C'est là le grand intérêt de la *virulence* de la bactériodie ; qu'est-ce donc que la virulence ?

Au début d'une étude de la biologie générale,

nous sommes encore tout à fait ignorants de la nature et des propriétés des animaux supérieurs, nous savons cependant distinguer tel animal sain de tel animal malade, et encore plus facilement l'état de vie ou de mort du sujet. Or, c'est tout ce dont nous avons besoin pour étudier la virulence de la bactériodie.

Nous avons vu plus haut que la bactériodie charbonneuse inoculée à un mouton se développe très rapidement à son intérieur ; le lendemain de l'inoculation on trouve des bactériodies en nombre considérable dans n'importe quelle goutte du sang de l'animal.

Naturellement, la présence de cette immense quantité de corps étrangers chimiquement actifs n'est pas sans modifier profondément la physiologie du mouton. L'assimilation d'où résulte la multiplication des bactériodies se fait suivant la formule

$$(II) \quad a + Q = \lambda a + R$$

dans laquelle les substances du terme Q sont empruntées à l'organisme du mouton et celles du terme R déversées dans cet organisme. Voilà donc deux causes de troubles physiologiques.

D'abord, la consommation des substances Q. Quelques-unes de ces substances peuvent être inutiles au fonctionnement général de l'organisme du mouton, mais il y en a certainement

qui lui sont indispensables, l'oxygène par exemple, et en effet, Pasteur a fait remarquer que le sang des moutons est noirâtre parce que les bactériidies réduisent l'oxyhémoglobine des globules et rendent de l'acide carbonique au lieu d'oxygène (1). Voilà donc un danger pour le mouton, l'asphyxie causée par l'assimilation des bactériidies charbonneuses.

Ce danger n'est pas le plus grand ; le rôle des substances R résultant de la vie élémentaire manifestée de la bactériidie est probablement encore plus considérable. Pasteur a démontré, nous l'avons vu (2), que l'une de ces substances R a la propriété de rendre le sang poisseux, d'agglutiner les globules, ce qui nuit à la circulation. Nous ne connaissons pas toutes les substances du terme R, nous savons qu'elles varient avec la nature du milieu de culture, mais nous pouvons cependant tirer une indication du résultat obtenu par Marmier (3) ; il a tiré de cultures de la bactériidie en peptone glycérimée une substance qui, inoculée aux animaux sensibles au charbon, amène en certains cas la mort de ces animaux par cachexie. Rien ne nous empêche de croire que la culture des bactériidies dans le

(1) V. p. 21.

(2) V. p. 23.

(3) *Op. cit.*, v. p. 27.

sang, produit de même une substance extrêmement toxique pour le mouton. Et, en effet, nous constatons que quelque temps après l'inoculation l'animal est malade ; il ne tarde pas à mourir et, à ce moment, son sang fourmille de bactériidies.

Indépendamment des causes spéciales de destruction de ces parasites dans l'organisme du mouton, causes sur lesquelles nous reviendrons plus tard très longuement ⁽¹⁾, le milieu intérieur de l'animal est un endroit *très favorable* à la pullulation. En effet, nous savons que dans un milieu confiné comme celui des bouillons de culture ordinaire, l'accumulation des substances R ne tarde pas à transformer la condition n° 1 en condition n° 2 ou tout au moins en condition n° 3 (sporulation) c'est-à-dire, dans tous les cas, à arrêter la vie élémentaire manifestée de la bactériidie, et par conséquent la formation de nouvelles quantités de substances nuisibles aussi bien que la consommation de nouvelles quantités de substances utiles. Au contraire, dans un milieu comme le sang du mouton, l'accumulation des substances R est constamment corrigée par le renouvellement continu de ce milieu, par l'excrétion qui, normalement, élimine les substances R provenant de la vie élémentaire manifestée

(1) A propos de l'immunité naturelle ou artificielle.

des éléments histologiques du mouton et qui, dans le cas où nous plaçons, élimine en même temps celles de la bactériémie. En outre, la nutrition apporte sans cesse de nouvelles substances Q et en particulier de l'oxygène, de telle sorte que le développement du parasite doit se poursuivre dans le sang sans être entravé par les causes qui l'arrêtent au bout de peu de temps dans les cultures artificielles. Et, en effet, nous savons que la bactériémie reste à la condition n° 1 et ne produit pas de spores dans ce milieu sans cesse renouvelé. Sa multiplication ininterrompue amène la mort de l'animal.

Cependant, il faut bien se rendre compte du rôle que joue dans cette mort l'intoxication par certaines substances R, d'origine bactérienne, que la filtration par le rein et la peau élimine plus lentement que les autres ou même n'élimine pas du tout. M. Pasteur a précisément remarqué que des cultures filtrées étaient inoffensives pour des animaux, ce qui tendrait à prouver que les substances nuisibles aux moutons sont retenues par le filtre comme cela a lieu pour d'autres matières analogues : « Qu'on vienne à filtrer les liquides des cultures chargées de bactéries ou le sang charbonneux lui-même pris sur l'animal charbonneux qui vient de mourir, et qu'on inocule simultanément les liquides non filtrés et ces mêmes liquides filtrés, on constate

que l'inoculation d'une goutte de liquide charbonneux avant la filtration amène rapidement la mort, tandis que l'inoculation de dix, vingt, trente, quarante, quatre-vingt gouttes du liquide filtré est absolument sans effet (1) ». Marmier a d'ailleurs montré que, dans un grand nombre de milieux, la toxine particulière produite par les bactériidies reste dans le corps même des bactériidies et ne diffuse que si on traite ces bactériidies d'une manière toute spéciale (2), il n'y a donc rien d'étonnant à ce que du sang charbonneux filtré ne rende pas malades les animaux auxquels on l'inocule.

Quoi qu'il en soit de toutes ces questions encore controversées et du mécanisme précis par lequel les bactériidies amènent la maladie d'abord, la mort ensuite, des animaux dans lesquels elle se développe, la simple constatation de cette maladie et de cette mort suffit à nous donner des renseignements précieux. Supposons en effet que deux cultures de bactériidies faites dans des conditions différentes, et semblant par ailleurs tout à fait identiques soient l'une capable, l'autre incapable de tuer deux animaux aussi identiques que possible, nous constaterons par là même une différence entre ces cultures,

(1) PASTEUR et JOUBERT. — *Op. cit.*, p. 6.

(2) MARMIER. — *Sur la toxine charbonneuse. Op. cit.*, p. 16.

différence qu'aucun autre procédé d'analyse ne nous eût permis de remarquer. Nous avons donc là un réactif d'une sensibilité très précieuse, la virulence.

16. — On dit que la bactériodie est virulente pour un animal quand une de ses cultures, inoculée à cet animal, peut prospérer à son intérieur en amenant la maladie au moins ou la mort. La virulence est plus ou moins grande suivant que, dans des conditions comparables, la mort aura suivi l'inoculation de plus ou moins près. Un animal pour lequel la bactériodie n'est pas virulente est dit *réfractaire* ou *doué d'immunité* par rapport à elle. Si cette immunité est absolue, la culture de la bactériodie inoculée à l'animal correspondant y est détruite sans avoir donné lieu à aucune multiplication ; aucun trouble ne suit l'inoculation. Le plus souvent l'immunité n'est pas tout à fait absolue, il y a des troubles légers et peu durables. Nous étudierons plus loin le mécanisme de l'immunité et cela nous conduira d'une manière extrêmement remarquable à l'une des plus grandes lois biologiques, la *sélection naturelle* ou *persistance du plus apte* dont Ch. Darwin a démontré l'importance capitale dans la formation des espèces. Mais auparavant nous nous servirons de l'observation de cette immunité dans les différents cas pour constater une propriété des

bactériidies sans laquelle la sélection naturelle serait inapplicable ; c'est la *variabilité*, qui fera l'objet de la seconde partie de ce volume.

Passons d'abord en revue les diverses espèces animales qui pourront nous servir de réactifs dans notre étude, c'est-à-dire celles pour lesquelles la bactériidie est douée d'une virulence plus ou moins grande. Nous devons immédiatement faire entrer en ligne de compte le mode d'introduction de la bactériidie dans l'organisme de l'animal considéré, ce qui donne une première idée de la complexité très grande du problème de la virulence et de l'immunité.

Le mouton est l'animal le plus apte à contracter la maladie charbonneuse, soit par l'introduction directe d'une culture de bactériidie en injection sous-cutanée, soit par l'ingestion intestinale de cette culture. Cependant les moutons algériens sont doués d'une certaine immunité. La chèvre, le cerf, le daim, le chevreuil, sont aussi sensibles que le mouton.

Les bœufs résistent assez bien à l'injection sous-cutanée et sont très facilement infectés par la voie intestinale.

Les rongeurs, au contraire (souris, lapin, cobaye), assez réfractaires à l'infection par la voie intestinale, sont très sensibles à l'injection sous-cutanée ; les rats cependant, surtout nourris de viande, semblent bien plus réfractaires.

Les chevaux se comportent à peu près de la même manière que les bœufs par rapport à la bactériémie. Les chiens sont presque absolument réfractaires, sauf peut-être les chiens noirs qui semblent plus aptes à contracter le charbon (1).

La plupart des carnassiers sauvages sont réfractaires, ce qui doit être, nous le verrons, un résultat de la sélection naturelle..

Les oiseaux, les batraciens et les poissons sont doués d'immunité presque absolue dans *leurs conditions normales de vie*.

Cependant MM. Sabrazès et Colombot (2) ont trouvé que l'hippocampe n'est pas réfractaire dans ces conditions.

17 — En dehors des organismes animaux, nous savons que la bactériémie peut se développer abondamment dans des milieux inorganisés; c'est ce qu'on appelle le mode d'existence *saprophyte* par opposition au mode d'existence parasite.

Il est certain que s'il n'y avait pas d'animal sensible au charbon, l'existence saprophyte serait seule possible pour la bactériémie; or, MM. Hüppe et Wood « ont trouvé à plusieurs

(1) MALM. — *Sur la virulence de la Bactériémie charbonneuse après passage chez le chien et le lapin vacciné*. Ann. Institut Pasteur, IV, 1890.

(2) SABRAZÉS et COLOMBOT. — *Action de la Bactériémie charbonneuse sur un poisson marin, l'hippocampe*, Ann. Inst. Pasteur, VIII, 1891.

reprises, dans la terre et dans l'eau, des bactéries qui, non seulement par leur forme mais aussi par leurs propriétés de végétation, présentaient une analogie tout à fait frappante avec la bactéridie charbonneuse. Ces microbes saprophytes sont des bacilles endospores (¹) qui, morphologiquement, ne se distinguent des bactéridies que par leurs extrémités plus arrondies. Ils sont immobiles comme les bacilles charbonneux et donnent, comme ceux-ci sur la gélatine, un feutrage blanc de filaments contournés, en liquéfiant la gélatine dans la même proportion que les bactéridies. La croissance des bacilles saprophytiques de MM. Hüppe et Wood est, en général, plus abondante que chez les bactéridies virulentes ; c'est ce qui s'observe surtout en cultivant les deux espèces à la température ordinaire. On peut se convaincre alors que les saprophytes donnent des spores à des températures beaucoup plus basses que les bactéridies... Mais, en revanche, ces bacilles ne produisaient aucun effet pathogène sur les animaux, si ce n'est une petite affection locale qui s'observait dans quelques cas chez les cobayes (²) ».

(¹) *Endospore* veut dire « qui produit des spores à l'intérieur de ses cellules », comme cela a lieu pour la bactéridie, ainsi que nous l'avons vu.

(²) METCHNIKOFF. — *Revue et Analyses*. Ann. Inst. Pasteur, III, 1889.

M. Diatropoff ⁽¹⁾ a trouvé des bactériidies virulentes dans le fond d'un puits.

Ces deux observations d'une variation possible dans la virulence nous conduisent directement à l'étude de la variabilité de la Bactéridie.

(1) DIATROPOFF. — *Ann. Inst. Pasteur*. VII, 1893, p. 286.

DEUXIÈME PARTIE

LA VARIATION

CHAPITRE VIII

VARIATIONS MORPHOLOGIQUES

18. Considérations générales sur la variation. — Toute la première partie de ce volume a été consacrée à l'étude de l'assimilation, c'est-à-dire de la propriété par laquelle les bactériidies sont capables, dans certaines conditions, de transformer les éléments du milieu en substances plastiques semblables à celles dont elles sont elles-mêmes constituées. Il en résulte de nouvelles bactériidies qui, dans les mêmes conditions, sont *identiques* à celles d'où elles proviennent. Cette propriété très spéciale caractérise tous les plastides, par rapport aux substances brutes : la multiplication d'un plas-

tide donne naissance à des plastides *semblables* à lui. Comment concilier cette particularité avec l'existence d'une propriété qui en semble l'inverse, la variation? C'est ce dont nous devons nous rendre compte tout d'abord.

Il est bien certain qu'à la condition n° 1, il n'y a pas de variation, sans quoi, par définition, ce ne serait pas la condition n° 1. Nous verrons plus tard, à propos des infusoires ciliés, qu'il y a des plastides pour lesquels la condition n° 1 n'existe pas d'une manière absolue et pour lesquels l'équation de la vie élémentaire manifestée devient ⁽¹⁾ :

$$(III) a + Q = \lambda_1 a_1 + \lambda_2 a_2 + \dots + \lambda_p a_p + R,$$

$a_1, a_2, a_3 \dots a_p$, étant les diverses substances plastiques différentes, dont la somme est a . Pour ces plastides, il n'y a donc pas d'assimilation sans variation, variation qui atteint le rapport des quantités de substances plastiques et non leur nature. Ce n'est pas une variation de cet ordre que nous devons constater sur la bactériodie; au contraire, nous sommes assurés qu'une telle variation n'a pas lieu pour elle, puisque, renouvelant sans cesse le bouillon de culture, nous pouvons obtenir autant que nous voulons

(1) Voyez *Théorie nouvelle de la vie*. Chap. XIII, p. 160.

de milliards des bactériidies toutes identiques à celle dont nous sommes partis.

C'est donc à la condition n° 2 qu'il faut chercher, et non à la condition n° 1.

Nous avons vu qu'à la condition n° 2, la variation est la règle; en dehors des conditions de la vie élémentaire manifestée, les substances plastiques d'un plastide réagissent en effet comme les corps ordinaires de la chimie et se détruisent, par conséquent, en tant que composés définis, par cela même qu'elles réagissent. Mais, la mort élémentaire étant la conséquence de cette destruction lorsqu'elle est complète, ce cas ne présenterait aucun intérêt, si, au cours d'une destruction *lente* des substances plastiques, n'intervenait quelquefois un phénomène nouveau qui est la variation proprement dite.

Supposons, pour fixer les idées, que la bactériidie soit composée de six ⁽¹⁾ substances plastiques différentes α , β , γ , δ , ϵ , ζ . Nous ne pouvons pas constater dans cette espèce si petite, la présence de ces substances diverses, mais il y a d'autres plastides plus volumineux chez lesquels

(1) Le nombre six est pris absolument au hasard, le raisonnement serait le même avec un nombre quelconque, même avec l'unité, si l'on admettait que la bactériidie est composée d'une seule substance plastique homogène.

des expériences de mérotomie ⁽¹⁾ nous permettent de constater, non seulement qu'ils contiennent plusieurs substances plastiques, mais que la coexistence de ces substances plastiques est indispensable à l'assimilation. La moitié d'entre elles, par exemple, formerait une masse non susceptible d'assimilation et se trouverait toujours, par conséquent, à la condition n° 2, se détruirait en tant que composé chimique défini.

Cela posé, considérons notre bactériidie composée de six substances α , β , γ , δ , ε , ζ , et placée à la condition n° 2. Il y a destruction des substances plastiques ; si cela continue assez longtemps, la mort élémentaire arrive, il ne reste plus que des substances brutes ordinaires ou tout au moins des substances plastiques isolées, non susceptibles d'assimilation dans quelque milieu que ce soit.

Mais supposons que, au cours des modifications chimiques appelées plus haut destruction, l'ensemble $\alpha\beta\gamma\delta\varepsilon\zeta$ passe par un état $\alpha_1\beta_1\gamma_1\delta_1\varepsilon_1\zeta_1$, dans lequel α_1 , β_1 , γ_1 , δ_1 , ε_1 , ζ_1 , sont identiques à ou différentes de α , β , γ , δ , ε , ζ , état tel que l'assemblage de ces substances nouvelles soit encore un plastide et, qui plus est, un plastide pour lequel le milieu considéré réalise précisément la condition n° 1. Si cela a lieu,

(1) Voyez *Théorie nouvelle de la vie*. Chapitre VII.

la *destruction* s'arrêtera naturellement et sera remplacée par une multiplication du plastide $\alpha_1\beta_1\gamma_1\delta_1\varepsilon_1\zeta_1$. Le plastide initial $\alpha\beta\gamma\delta\varepsilon\zeta$ n'existe plus, il a été détruit en tant que plastide chimiquement défini, mais il a été remplacé par un plastide nouveau $\alpha_1\beta_1\gamma_1\delta_1\varepsilon_1\zeta_1$, qui lui a succédé sans interruption en tant que masse isolée du liquide et qui a immédiatement commencé à se multiplier dans ce liquide.

On a l'habitude de dire, quand cela arrive, que le plastide s'est *adapté* au milieu considéré ; mais, en réalité, ce n'est plus le même plastide. Seulement, les variations qu'il a subies sont le plus souvent peu importantes ; le nouveau plastide ne diffère que d'une manière insensible de celui d'où il provient, c'est pour cela qu'on dit que c'est le même plastide ; or, la condition n° 2 est devenue condition n° 1 ; c'est donc que le plastide s'est habitué, adapté, au milieu considéré ; voilà l'origine de cette expression.

Dans certains cas, la modification, la variation chimique dont le plastide a été l'objet influe sur la forme d'équilibre de sa vie élémentaire manifestée ; on dit alors que c'est une variation *morphologique* ; souvent elle ne se manifeste que par un changement de forme insensible ; c'est alors une variation simplement *physiologique*, que nous constatons par le changement des

substances Q et R. Au fond, cette distinction est bien peu sérieuse, puisque dans l'un et l'autre cas la variation est chimique ; seulement, dans le premier, elle est plus évidente à l'observation à cause du retentissement de cette modification chimique sur la forme du plastide.

Commençons néanmoins par l'étude de la variation morphologique.

19. Formes d'involution. — Nous avons vu plus haut ce que représente ce terme ⁽¹⁾ et il n'est pas besoin d'insister longuement pour prouver qu'il n'y a pas là variation morphologique au sens que nous venons de définir. En effet, les formes ainsi appelées sont des plastides dégénérés qui ne sont pas, dans le milieu où elles se trouvent, à la condition n° 1. Elles sont dans une sorte de condition n° 2, correspondant à une destruction très lente, une espèce de vie latente, sans modification appréciable, puisque semées à nouveau dans un bouillon frais, elles donnent une culture de bactériidies identiques à celles d'où l'on était parti précédemment ⁽²⁾ ; la bactériдие n'a pas changé mais a pris une autre forme dans un milieu devenu diffé-

⁽¹⁾ V. p. 47.

⁽²⁾ Pourvu qu'on n'ait pas attendu trop longtemps, sans quoi la mort élémentaire serait survenue, et il n'y aurait plus culture possible.

rent, ce qui n'a rien d'extraordinaire et n'offre pas grand intérêt.

20. Formes des bactériidies dans les divers milieux. — Nous avons vu déjà que la forme des bactériidies varie légèrement suivant les milieux où elle se trouve à la condition n° 1. Témoin, par exemple, la différence qu'il y a entre la bactériдие du sang des animaux et les longs filaments qui se produisent dans le bouillon. Il n'y a pas là encore une variation au sens que nous avons établi plus haut ; tout, au contraire, nous fait présumer que le plastide $\alpha\beta\gamma\delta\epsilon\zeta$ reste le même dans ces diverses conditions n° 1, et, en effet, nous pouvons transporter, aussi souvent que nous le voulons, une bactériдие du bouillon dans le sang d'un animal et du sang d'un animal dans le bouillon, et toujours, cette bactériдие ⁽¹⁾ reprendra dans chacun de ces deux milieux successifs, la même forme et les mêmes propriétés caractéristiques. C'est donc bien toujours le même plastide $\alpha\beta\gamma\delta\epsilon\zeta$ et les différences que nous constatons tiennent uniquement au milieu dans lequel il est par suite établi que ce plastide est bien à la condition n° 1. Assimilation, pas de variation.

En résumé, pour que nous soyons assurés

(1) Ou plutôt celles qui en dérivent par bipartition.

que la variation constatée est bien une variation du plastide et ne tient pas uniquement au milieu, il faut que cette variation persiste quand le milieu change. Ceci a besoin d'une courte explication :

Voici le plastide $a = \alpha + \beta + \gamma + \delta + \varepsilon + \zeta$, à l'état de vie élémentaire manifestée dans le milieu A (condition n° 1). Il y assimile suivant la formule :

$$a + Q = \lambda a + R.$$

Nous le transportons dans un nouveau milieu B. De deux choses l'une : ou bien il y sera encore à la condition n° 1 et assimilera suivant la formule :

$$a + Q_1 = \lambda_1 a + R_1.$$

Dans ce cas, il ne variera pas quoique sa forme et ses propriétés physiologiques (substances Q_1 et R_1) aient pu changer, et si on le transporte de nouveau dans le milieu A, il recommencera à assimiler suivant la formule :

$$a + Q = \lambda a + R.$$

Ou bien, le plastide a , transporté dans le milieu B s'y trouvera à la condition n° 2. Ici encore il y a deux alternatives : ou bien a se détruira complètement (mort élémentaire), ce qui est le cas le plus général, ou bien il s'y transformera

en un plastide $a_1 = \alpha_1 + \beta_1 + \gamma_1 + \delta_1 + \varepsilon_1 + \zeta_1$ qui se trouvera dans le milieu B à la condition n° 1 et assimilera suivant la formule :

$$a_1 + Q' = \lambda' a_1 + R'$$

Alors il y aura une véritable variation, le plastide se sera vraiment *adapté* au milieu B. Dans ce cas, si nous le transportons dans un milieu C, où il se trouve à la condition n° 1, il y assimilera suivant la formule :

$$a_1 + Q'_1 = \lambda'_1 a_1 + R'_1,$$

c'est-à-dire qu'il restera le même et se conservera avec sa structure

$$\alpha_1 + \beta_1 + \gamma_1 + \delta_1 + \varepsilon_1 + \zeta_1.$$

Or, supposons que le milieu C réalise également la condition n° 1 pour le plastide

$$a = \alpha + \beta + \gamma + \delta + \varepsilon + \zeta,$$

ce plastide a y assimilera suivant la formule :

$$a + Q_3 = \lambda_3 a + R_3.$$

Les différences des substances Q'_1 et Q_3 , R'_1 et R_3 prouveront que a_1 , est différent de a , puisque ces deux plastides, *dans les mêmes conditions*, réagissent différemment dans un milieu où est réalisée pour eux la condition n° 1.

Voilà le critérium absolu de la variation véri-

table, de l'adaptation au milieu. C'est donc, *dans un même milieu, dans les mêmes conditions* que nous devons constater des différences morphologiques ou physiologiques entre deux plastides pour affirmer que ces deux plastides ne sont pas identiques. Jusqu'à présent nous avons fait uniquement des raisonnements, mais ces raisonnements vont nous permettre de nous rendre compte de faits positifs que nous allons maintenant passer en revue.

21. Bactéridie asporogène. — La variation morphologique la plus remarquable est la formation du charbon asporogène découverte par MM. Roux et Chamberland ⁽¹⁾ en 1883, et plus tard par Lehmann (1887), qui ignorait le travail de ses devanciers.

Nous avons vu qu'il suffit de maintenir à 42 degrés centigrades et demi une culture obtenue en semant du sang charbonneux dans

(1) ROUX et CHAMBERLAND. — *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 1883, p. 1090. Depuis cette époque, et après le mémoire de M. Roux auquel nous empruntons les lignes qui suivent, M. Surmont a repris avec beaucoup de précision la question de la formation de la bactéridie asporogène (SURMONT et ARNOULD. *Ann. Inst. Pasteur*. VIII, 1894) par le bichromate de potasse, l'acide phénique, la chaleur, etc. Nous n'avons pas à insister ici sur ces questions de technique; il est seulement à noter que ce mémoire met encore en lumière l'existence de différences individuelles entre les diverses bactéridies.

du bouillon de veau légèrement alcalin pour que, même en présence de l'oxygène, les bactériidies de cette culture ne donnent pas de spores. Est-ce là une variation au sens que nous avons exposé plus haut ? Nous verrons ultérieurement qu'il se produit bien, en réalité, une variation dans ces conditions, mais cette variation n'est pas corrélative de la non-formation de spores. Si, en effet, nous ensemençons dans du bouillon, à la température de 30°, les bactériidies sans spores provenant de cette culture maintenue d'abord à 42° et demi, nous obtiendrons une culture qui sporulera normalement en présence de l'oxygène. Il n'y a donc pas eu variation *asporogène*. Or, MM. Roux et Chamberland ont découvert que les bactériidies cultivées assez longtemps dans un bouillon additionné de $\frac{1}{2000}$ de bichromate de potasse, non seulement ne sporulent pas, mais même perdent définitivement la faculté de sporulation qu'elles ne retrouvent plus jamais ensuite quand on les cultive dans du bouillon ordinaire, ou qu'on les inocule à des animaux variés pour les cultiver ensuite dans un bouillon quelconque, à quelque température que ce soit.

M. Roux (1) a donné depuis des renseigne-

(1) E. Roux. — *Bactériidie charbonneuse asporogène*, Ann. Inst. Pasteur, IV, 1890.

ments plus précis sur un autre moyen d'obtenir des cultures de bactériidie asporogène, en remplaçant le bichromate de potasse par l'acide phénique :

« Dans des tubes à essai contenant du bouillon de veau légèrement alcalin, on ajoute des quantités variables d'eau phéniquée, de façon que le premier tube contienne $\frac{2}{10\ 000}$ d'acide phénique, le second $\frac{1}{10\ 000}$, et ainsi de suite jusqu'au dixième tube qui renferme $\frac{20}{10\ 000}$ d'antiseptique. Ainsi un tube quelconque de la série renferme $\frac{2}{10\ 000}$ d'acide phénique de plus que celui qui le précède immédiatement ; un onzième tube, contenant 10 centimètres cubes de bouillon pur sert de témoin. Le volume du liquide est de 10 centimètres cubes dans tous les tubes ; ceux-ci, ainsi préparés, sont stérilisés à l'autoclave par un chauffage à 115°. Pour éviter toute perte d'acide phénique pendant la stérilisation, il est bon de fermer les tubes à la lampe au-dessus du coton dont ils sont munis. Après refroidissement, l'extrémité supérieure des tubes est coupée ; ceux-ci sont alorsensemencés avec une gouttelette du sang d'un animal qui vient de succomber au charbon. Il faut avoir soin, en faisant l'ensemencement, de ne pas mettre de sang sur la paroi, mais de déposer la gouttelette au sein même du liquide, de façon qu'elle

tombe rapidement au fond du tube et qu'aucune bactériodie ne puisse échapper à l'action de l'antiseptique.

Les tubes ensemencés sont mis à l'étuve à la température de 30 à 33°. Les bactériodies se développent d'autant plus lentement ⁽¹⁾ que la dose d'acide phénique est plus forte. La culture est toujours moins abondante dans les bouillons phéniqués que dans le bouillon ordinaire, elle se fait en général en flocons qui restent dans la profondeur, si on n'agite pas les tubes ; d'autres fois le développement se produit dans toute la masse du liquide et lui donne un aspect trouble ; c'est surtout dans les tubes les plus riches en antiseptique que cette apparence se produit.

Il faut éviter que la bactériodie vienne se cultiver à la surface du liquide en formant une couronne adhérente à la paroi du verre. Les bacilles qui croissent ainsi au large contact de l'air, en dehors du liquide antiseptique, ne tardent pas à donner des germes, principalement dans les tubes les plus pauvres en acide phénique. Lorsque ces flocons superficiels se produisent, on les immerge en agitant un peu. Le bouillon à $\frac{20}{10\ 000}$ d'acide phénique reste stérile, et les bacilles ensemencés y meurent rapidement.

(1) Différence de λ'_1 et λ_3 , p. 91.

Après huit à dix jours, on prélève un peu de la culture dans chacun des tubes et on chauffe pendant quinze minutes à 65°, puis on sème cette portion chauffée dans du bouillon de veau ordinaire. Dès le lendemain, les ensemencements faits avec le tube témoin, et le tube à $\frac{1}{10\ 000}$ se montrent fertiles. Ceux faits avec le tube à $\frac{4}{10\ 000}$ et le tube à $\frac{6}{10\ 000}$ donnent souvent une culture les jours suivants, mais les autres restent inféconds pour la plupart, et montrent ainsi que la bactérie ensemencée était sans spores (1)....

La bactérie ne perd pas subitement la faculté de faire des spores ; si on la retire du mi-

(1) Parce que les spores eussent résisté à 65° : « La proportion d'antiseptique nécessaire pour empêcher la formation des spores, varie avec la composition du bouillon, l'origine de la bactérie, la facilité d'accès de l'air dans la culture. C'est pour cela qu'on prépare toute une série de tubes qui ne diffèrent entre eux que par de très faibles quantités croissantes d'acide phénique. Il y a souvent des résultats imprévus dans ces expériences, on voit, par exemple, un tube à six dix-millièmes d'acide phénique ne pas donner de spores, tandis qu'une autre à dix dix-millièmes en contiendra, bien que tous deux aient été ensemencés avec le même sang charbonneux ». Nous insistons sur ces petites différences existant entre des bactéries qu'on pourrait croire identiques ; nous utiliserons plus tard cette remarque.

lieu antiseptique après *trois ou quatre jours* de culture seulement, elle donne des germes quand on l'ensemence dans un bouillon non antiseptisé. Pour qu'elle devienne asporogène, il faut que le contact avec l'antiseptique soit assez prolongé.

A part la faculté de faire des spores, les bactériidies traitées comme nous venons de le voir ne perdent aucune autre de leurs propriétés importantes. Elles n'ont pas exactement la même virulence, mais elles la récupèrent absolument comme nous le verrons ultérieurement, quand elles ont passé à travers un certain nombre de cobayes et de lapins, ce qui ne les empêche pas de rester asporogènes. L'aspect des cultures de bactériidies asporogènes est assez semblable à celui des cultures de bactériдие ordinaire. Il y a cependant quelques petites différences à signaler : « Dans le bouillon, elle donne des flocons plus faciles à désagréger ; les filaments sont moins longs, ils sont aussi un peu plus grêles, ils contiennent souvent dans leur intérieur des grains réfringents plus petits que les spores et ne résistant pas à la chaleur... Cultivés sur la gélatine, les bacilles asporogènes nous ont paru la liquéfier moins rapidement que les bacilles virulents ordinaires. Le bouillon dans lequel poussent les bactériidies sans spores se colore moins à l'étuve et donne des cristaux de phos-

phate ammoniaco-magnésien moins abondants que celui qui a nourri le charbon ordinaire.

Les cultures asporogènes finissent par périr à 33°, après un temps plus ou moins long, mais qui dépasse en général un mois (1). Si après quelques jours de séjour à l'étuve, on les met à la température de la chambre, elles restent vivantes beaucoup plus longtemps... Dans ces vieilles cultures, il reste *très peu de bacilles vivants* (2). Pour les rajeunir il faut les ensemencher en assez grande quantité, et quelquefois ce n'est qu'après plusieurs jours que l'on aperçoit un développement » (Roux. — *Bactéridie charbonneuse asporogène, op. cit.*).

Il y a donc, outre le caractère asporogène, d'autres particularités qui distinguent notre nouvelle bactériidie de celle d'où elle provient et

(1) Ceci ne doit pas nous étonner; l'accumulation des substances R dans un bouillon de culture entraîne, nous l'avons vu, la vie élémentaire manifestée de la bactériidie. Dans le cas d'une bactériidie ordinaire, cette accumulation de substances R détermine la formation des spores, c'est-à-dire la condition n° 3. Ici, les spores ne se forment plus; nous ne pouvons plus avoir que la condition n° 2, destruction *très lente* dans ce cas.

(2) Nouvel exemple des différences individuelles existant entre les diverses bactériidies d'une même culture suivant qu'elles ont vécu plus ou moins près de la surface, ou dans telle ou telle autre condition; toutes ces bactériidies peuvent cependant être considérées comme provenant d'une seule bactériidie.

qui prouvent qu'elles sont *différentes* ; seulement, ces particularités sont assez peu remarquables pour qu'elles aient pu passer inaperçues si l'absence de sporulation dans les conditions normales n'avait été si frappante. Étant donné ce que nous savons des conditions de la formation des spores ⁽¹⁾, nous devons penser, ou bien que le nouveau plastide obtenu $\alpha_1\beta_1\gamma_1\delta_1\varepsilon_1\zeta_1$ ne produit plus, parmi ses substances R, celle qui accumulée à l'intérieur de la cellule déterminait la contraction des substances plastiques, ou bien, simplement que les nouvelles substances plastiques ne sont plus susceptibles de se contracter, comme le faisaient celles d'où elles proviennent, de manière à passer à l'état de repos chimique.

Depuis que les bactéridies asporogènes ont été obtenues à l'institut Pasteur, et il y a de cela plusieurs années, elles ont été conservées par réensemencement et inoculations, sans recouvrer jamais la faculté sporogène ; elles sont donc définitivement différentes de celles qui leur ont donné naissance. S'il n'y a pas, dans la nature, de telles bactéridies, c'est qu'elles manquent précisément de forme de résistance et, chaque fois qu'il s'en est formé accidentellement, s'il s'en est

(1) V. p. 10.

formé jamais, elles ont dû disparaître parce que personne ne les rajeunissait.

Voilà un exemple de variation véritable se traduisant par un caractère morphologique saillant, la non-formation des spores ; nous allons passer en revue des variations encore plus intéressantes qui se traduisent par des caractères surtout physiologiques, les modifications morphologiques concomitantes étant le plus souvent peu dignes de remarque. Ce sont les différents cas d'*atténuation de virulence* ⁽¹⁾, qui ont conduit M. Pasteur à la merveilleuse découverte des vaccins.

⁽¹⁾ C'est sur le *choléra des poules* et non sur le *charbon* que cette découverte a été faite.

CHAPITRE IX

—

VARIATIONS PHYSIOLOGIQUES

Considérons, encore une fois, une culture faite à 42° et demi en présence de l'oxygène ; nous savons que, dans ces conditions, la bactériodie, même sporogène, ne donne pas de spores. Elle se trouve néanmoins, au début, à la condition n° 1 et assimile suivant la formule :

$$a + Q = \lambda a + R.$$

Dans un milieu limité comme celui d'une culture ordinaire, la formation de substances plastiques, c'est-à-dire la multiplication des bactériodies s'accompagne donc forcément d'une accumulation correspondante de substances R. Or, parmi ces substances R, il y en a qui entravent l'assimilation, les bactériodies se trouvent donc, petit à petit, passer de la condition n° 1 à la condition n° 2, leurs substances plastiques se

détruisent; au bout d'un temps suffisant, la mort élémentaire survient.

L'accumulation des substances R détermine ce qu'on appelle le VIEILLISSEMENT de la culture, et enfin la mort.

Il faut se rendre compte de ce qu'on appelle ici *vieillessement*. Nous voyons, d'après les lignes qui précèdent, que ce mot a une signification précise, si on en restreint le sens au cas qui nous occupe, une signification chimique indépendante de l'idée de temps.

On a l'habitude d'employer ce mot *vieillir* à propos de n'importe quel corps, quel que soit son état de repos ou d'activité chimique, uniquement pour exprimer qu'un laps de temps plus ou moins long s'est écoulé depuis qu'on a observé ce corps pour la première fois. Cela est dans le langage courant parce que nous, hommes, nous vieillissons toujours en fonction du temps. Mais une expression de langage courant devient nuisible dans le langage scientifique si l'on ne lui donne pas une précision plus grande que celle qu'elle a d'ordinaire.

Voici, par exemple, deux cas qui, comme point de départ et comme résultat définitif semblent absolument comparables :

1° La culture à 42° et demi en présence de l'oxygène, dont nous venons de parler; résultat au bout d'un temps suffisant : mort élémentaire.

2° Une culture(?) faite en tube scellé à l'abri de l'air ; il n'y a pas non plus formation de spores ; même résultat au bout d'un temps assez long.

Quelle est la différence entre ces deux cas ? l'absence d'oxygène dans le second. Si donc il s'est produit dans l'intervalle des phénomènes différents, c'est à l'oxygène qu'il faut les attribuer puisque la culture a *vieilli* dans les deux cas en présence ou en l'absence d'oxygène libre. Cette manière de s'exprimer conduit à une interprétation incomplète du phénomène (1).

S'il ne s'agit que du temps écoulé, la bactériologie vieillit également dans le sang d'un animal vivant et cependant il ne s'y produit aucun des phénomènes qui caractérisent les deux cas cités précédemment ; il vaut mieux ne pas employer le mot vieillir, ou lui attribuer, une fois pour toutes, un sens précis.

L'accumulation des substances R dans une culture en milieu confiné (et non renouvelé) (2)

(1) On attribue à l'oxygène seul, c'est-à-dire à l'une des substances Q, ce qui est peut être le résultat de l'ensemble de la vie élémentaire manifestée dans un milieu confiné ; en l'absence d'oxygène, en effet, il n'y a plus condition n° 1, les phénomènes chimiques sont tout différents, mais cela arriverait aussi si l'on supprimait une autre des substances du terme Q.

(2) Si le milieu était renouvelé comme le milieu intérieur d'un animal, ce ne serait plus qu'en apparence un milieu confiné.

a pour effet de transformer en condition n° 2 la condition n° 1, primitivement réalisée dans le milieu. C'est la destruction lente de la bactériodie *dans ces conditions précises* qui détermine les phénomènes dont nous allons nous occuper maintenant.

Nous nous sommes placés à la température de 42° et demi parce qu'à cette température il ne se produit pas de spores ; s'il se formait des spores au bout de vingt heures par exemple, elles représenteraient l'état des bactériodies dans la culture à ce moment puisque, une fois formées, elles sont à l'état de repos chimique et comme nous ne saurions pas les séparer mécaniquement, nous ne pourrions pas suivre, par des réensemencements purs, le sort des bactériodies filamenteuses persistant à côté d'elles.

« Maintenons au contact de l'air pur, entre 42 et 43°, une culture mycélienne (c'est-à-dire filamenteuse) de bactériodies, entièrement privée de germes. Alors apparaissent les très remarquables résultats suivants : Après un mois d'attente environ, la culture est morte. La veille et l'avant-veille du jour où se manifeste cette impossibilité du développement, et tous les jours précédents dans l'intervalle d'un mois, la reproduction de la culture est, au contraire, facile. Voilà pour la vie et la nutrition de l'organisme.

En ce qui concerne sa virulence, on constate

que la bactériodie en est dépourvue déjà après huit jours de séjour à 42 ou 43° et ultérieurement; au moins ces cultures sont inoffensives pour le cobaye, le lapin et le mouton, trois des espèces animales les plus aptes à contracter le charbon. Nous sommes donc en possession, non seulement de l'atténuation de la virulence, mais de sa suppression en apparence complète, par un simple artifice de culture. En outre, nous avons la possibilité de conserver et de cultiver, à cet état inoffensif, le terrible microbe. Qu'arrive-t-il dans les huit premiers jours à 43°, qui suffisent à priver la bactériodie de toute virulence? Avant l'extinction de sa virulence, le microbe du charbon passe par des degrés divers d'atténuation, et chacun de ces états de virulence atténuée peut être reproduit par la culture (1) ».

Le cas décrit dans les lignes précédentes est exactement parallèle au cas hypothétique dans lequel nous nous sommes placés (p. 86) pour expliquer la variation d'un plastide en général. Seulement, il est bien plus complet et plus remarquable que ce dernier.

Nous avons supposé, en effet, qu'au cours de la condition n° 2, de la destruction plastique, le plastide $a = \alpha + \beta + \gamma + \delta + \varepsilon + \zeta$ se trouve

(1) PASTEUR, CHAMBERLAND et ROUX. — *De l'atténuation des virus et de leur retour à la virulence*. C. R. Acad. Sciences, 1881, p. 429.

à un moment donné transformé en un autre plastide $\alpha_1 = \alpha_1 + \beta_1 + \gamma_1 + \delta_1 + \varepsilon_1 + \zeta_1$ qui trouve dans le milieu où il est placé la condition n° 1 (adaption au milieu). Ici cela ne se produit pas et le phénomène est infiniment plus remarquable; nous n'avons pas affaire à une transformation unique comme celle d'où résulte la bactériodie asporogène par exemple, mais à chaque instant, pendant que dure la condition n° 2, le plastide CHANGE et reste à la condition n° 2, de telle sorte que si, à chaque instant, on ensemeince un peu de la culture dans un bouillon neuf on obtient autant qu'on veut de cultures de plastides *différents*.

Il serait assez difficile de concevoir que ce nombre si grand de plastides différents résultât de transformations chimiques des substances plastiques $\alpha, \beta, \gamma, \delta, \varepsilon, \zeta$, en d'autres substances plastiques DIFFÉRENTES $\alpha_1, \beta_1, \gamma_1, \delta_1, \varepsilon_1, \zeta_1$, dont l'ensemble constituerait à chaque instant un plastide parfait. Tous les raisonnements que nous avons faits plus haut ne supposent en rien que $\alpha_1, \beta_1, \gamma_1, \delta_1, \varepsilon_1, \zeta_1$, sont tous différents de $\alpha, \beta, \gamma, \delta, \varepsilon, \zeta$. Dans le cas actuel, la continuité merveilleuse de la transformation à laquelle nous assistons, nous oblige au contraire à croire qu'*aucune* de ces substances n'est qualitativement modifiée pendant la condition n° 2.

Nous nous rendrons en effet très bien compte

de ce qui se passe en supposant seulement que la condition n° 2, telle qu'elle est réalisée ici, détruit *inégalement* vite les différentes substances plastiques, hypothèse qui n'a rien que de très vraisemblable.

Au bout de six jours, par exemple, nous aurons un plastide $a_6 = \frac{\alpha}{2} + \frac{\beta}{4} + \gamma + \delta + \varepsilon + \zeta$. Transportons-le à la condition n° 1, dans un bouillon frais ; il assimilera suivant la formule :

$$a_6 + Q_6 = \lambda_6 a_6 + R_6$$

et se multipliera par conséquent en donnant des plastides a_6 identiques à lui-même et conservant les mêmes proportions dans sa composition au moyen des substances $\alpha, \beta, \gamma, \delta, \varepsilon, \zeta$. Or, l'expérience nous apprend que ces nouveaux plastides ont la propriété de donner des spores dans leurs cultures ; la variation sera donc fixée puisque les spores se forment avant que l'accumulation des substances R soit devenue suffisante pour modifier de nouveau le plastide. Nous aurons donc des cultures de plastides différents comme nous voudrons.

Si notre interprétation est vraie, le phénomène que nous venons d'étudier se ramène à une expérience de mérotomie faite chimiquement. Nous étudierons plus tard, à propos de plastides plus volumineux, des expériences de

mérotomie faites mécaniquement. Ces expériences se réduisent à ceci (1) : séparer d'un plastide hétérogène des morceaux de substance contenant seulement quelques-unes des substances plastiques de telle manière que le reliquat soit constitué des mêmes substances que le plastide initial, mais en proportions différentes. Dans ces conditions, on crée un plastide nouveau, car l'expérience démontre que le reliquat conserve la vie élémentaire tant qu'on n'a pas supprimé *complètement* une au moins des substances plastiques constitutives. Seulement, nous n'avons pas, dans le cas de ces gros plastides hétérogènes, un réactif d'une sensibilité comparable à la virulence et les variations passent inaperçues. La comparaison avec ce cas scientifiquement connu va nous donner des renseignements précieux.

Soit, en effet, β , celle des substances plastiques de notre bactériodie, qui se détruit le plus vite dans les conditions de notre observation. Tant que β ne sera pas entièrement détruite (pendant un mois) le reliquat sera toujours un plastide, capable, par conséquent, de se reproduire dans un milieu nouveau à la condition n° 1. A partir du moment où β aura totalement disparu, la mort élémentaire sera survenue (ce qui arrive

(1) Voyez *Théorie nouvelle de la vie*. Chap. VII.

après un mois de culture à 42° et demi) ; il n'y aura plus dans le bouillon que des cadavres de bactériidies ; l'ensemble $\alpha\gamma\delta\varepsilon\zeta$ n'est plus un plaste ; on peut ensemercer ce qui reste du bouillon dans un milieu nouveau, il n'y aura plus de développement.

Il est bien probable que les variations dont nous venons de faire l'analyse auraient passé inaperçues si la pathologie ne nous avait donné un réactif d'une extrême sensibilité. Le terme R_6 dépend naturellement de la structure de α_6 . Les produits qui résultent au terme R de l'action spéciale de la substance β seront moins abondants si, toutes choses égales d'ailleurs, β est remplacé par $\frac{\beta}{4}$. Et, en effet, *la virulence a diminué*, comme nous nous en assurons par une inoculation à un animal sensible. Nous sommes donc amenés, logiquement, à admettre un rapport entre la virulence et la proportion des substances plastiques de la bactériidie.

La condition n° 2, qui produit la variation dont nous venons de nous occuper, dure environ jusqu'au trentième jour après que l'ensemencement a été fait au moyen de sang charbonneux frais dans du bouillon maintenu ensuite à 42° et demi. En prélevant chaque jour une goutte de cette culture et en l'ensemencant dans du bouillon frais à 30°, on peut donc obtenir un grand nombre de cultures de virulences diffé-

rentes, la première étant très virulente, la dernière ne l'étant plus du tout. Deux de ces cultures sont devenues célèbres, ce sont celles que M. Pasteur a employées pour la vaccination des moutons comme nous le verrons plus tard. L'une d'elles, le *deuxième vaccin charbonneux*, est obtenue au bout de dix à douze jours ; elle tue les souris et les cobayes, et rend malades les lapins adultes mais ne les tue pas.

L'autre, ou *premier vaccin charbonneux*, s'obtient au bout de quinze à vingt jours, elle tue les souris, mais ne tue ni les cobayes, ni les lapins.

Notons seulement ici l'existence de ces deux vaccins dont nous comprendrons ultérieurement le rôle et l'utilité.

Tous les vaccins charbonneux que nous venons d'obtenir donnent des spores dans des conditions convenables. Il est très curieux de constater que dans deux cas différents la condition n° 2 nous a donné des résultats tout à fait différents : bactériodie asporogène, bactériodie atténuée.

Étant donné ce que nous savons du mécanisme probable de la variation, cette différence n'a rien qui doive nous étonner ; nous devons penser au contraire que chaque fois que nous réaliserons la condition n° 2 d'une nouvelle manière, il sera possible, si la mort élémentaire n'en résulte pas

immédiatement, qu'elle nous donne une variation d'un ordre nouveau. Malheureusement, nous n'avons pas de réactifs capables de nous dévoiler les différences de nos produits ; nous n'avons guère comme moyens d'étude que la virulence et la forme et c'est tout à fait insuffisant. Ainsi, on a réalisé l'atténuation des bactériidies par un très grand nombre de procédés différents, mais rien ne nous permet d'affirmer que deux vaccins, d'égale virulence, obtenus par deux procédés différents, sont identiques.

Nous ne nous étendrons pas ici sur les divers modes d'atténuation employés ; on en trouvera l'exposé dans les traités de microbiologie (1) ; l'un de ces modes doit cependant fixer notre attention, parce que la condition n° 2 y est réalisée dans un milieu *non nutritif*, c'est-à-dire dans un milieu manquant de substances Q ; il n'y a donc pas, dans ce cas, formation de substances R et leur intervention ne peut être invoquée pour expliquer l'atténuation. MM. Roux et Chamberland (2), ont placé la bactériidie dans de l'eau

(1) Voyez aussi l'article de GAMALEIA. — *Étude sur la vaccination charbonneuse*, Ann. Inst. Past., II, 1888. Il insiste particulièrement sur les variations morphologiques qui accompagnent l'atténuation.

(2) CHAMBERLAND et ROUX. — *Sur l'atténuation de la virulence de la bactériidie charbonneuse sous l'influence des substances antiseptiques*, C. R. Acad. Sc., 1883.

distillée additionnée d'acide phénique ou de bichromate de potasse ; ils ont observé qu'au cours de la destruction dont elle est l'objet dans ce milieu, elle subit une atténuation graduelle de virulence avant d'être atteinte par la mort élémentaire. Mais rien ne nous permet d'affirmer que les bactériidies atténuées par ce procédé sont identiques à celles qu'on obtient à 42° et demi, sous l'action d'antiseptiques, même à égalité de virulence ; le contraire semble même plus probable d'après les considérations développées plus haut sur le mécanisme de la variation.

Enfin, cette dernière expérience de MM. Chamberland et Roux ⁽¹⁾, nous conduit à une autre observation des mêmes auteurs qui nous permet de généraliser ce que nous avons dit de la variation et de l'étendre à la spore.

La spore est, nous le savons, dans un état spécial qui lui permet de rester à la condition n° 3, c'est-à-dire au repos chimique peut-être absolu.

Elle résiste à beaucoup d'agents physiques et chimiques, qui, dans les mêmes conditions, détruiraient les bactériidies à l'état de vie élémentaire manifestée, mais elle n'est pas pour cela indestructible. Elle peut tomber, dans certains cas, à la condition n° 2. et arriver plus ou moins

(1) *Id.*, *ibid.*

vite à la mort élémentaire, sans qu'il soit nécessaire pour cela qu'elle ait germé, c'est-à-dire qu'elle ait passé par la condition n° 1.

Or, si la spore est, comme cela nous a semblé probable, formée de substances plastiques condensées de la bactériodie, tout ce que nous avons dit plus haut, (p. 86) au sujet de la variation à la condition n° 2, lui est applicable, et c'est précisément ce que montre l'expérience.

« Des spores virulentes, mises dans de l'eau additionnée de deux centièmes d'acide sulfurique à la température de 35°, subissent une atténuation graduelle, de sorte que des cultures faites avec ces spores atténuées donnent des bactériodies qui peuvent être inoffensives pour des cobâyes et des lapins (1) ».

Nous avons étudié les deux variations les plus importantes que la science ait enregistrées jusqu'à présent dans l'histoire de la bactériodie charbonneuse. L'une de ces variations semble définitive ; on n'a pas su encore rendre à la bactériodie asporogène la faculté de sporuler dans des conditions favorables ; l'autre, au contraire, quoique transmissible, aussi longtemps que l'on voudra, par des cultures, est susceptible d'être effacée par certains artifices, ainsi que nous le verrons

(1) STRAUS. — *Le charbon de l'homme et des animaux*, p. 157.

plus tard dans l'étude très intéressante du retour à la virulence.

Ces deux variations sont absolument indépendantes l'une de l'autre ; on a pu obtenir des bactériidies asporogènes très virulentes aussi bien que des bactériidies asporogènes absolument dépourvues de virulence ; on a pu rendre asporogènes les vaccins charbonneux aussi bien que la bactériidie elle-même (1). Cette indépendance des deux phénomènes prouve que les substances plastiques détruites dans les deux conditions n° 2 d'où ils résultent sont différentes. Les substances R qui sont toxiques pour les animaux ne sont pas celles qui déterminent la formation des spores.

Le résumé de toutes les pages précédentes est que, si l'assimilation est une caractéristique toute spéciale des plastides, la variation est également très fréquente au moins chez la bactériidie. Ces deux propriétés qui semblaient s'exclure se manifestent dans des conditions différentes, condition n° 1 et condition n° 2, et par conséquent ne sont pas, le moins du monde, contradictoires.

(1) Voyez à ce sujet le mémoire de MM. SURMONT et ARNOULD.— *Recherches sur la production du bacille du charbon asporogène.* « Ann. Inst. Pasteur, » VIII, 1894.

CHAPITRE X

—

NOTION D'ESPÈCE

23. — Récapitulons ce que nous avons appris jusqu'ici. Qu'est-ce que la bactériodie charbonneuse ? C'est, avons-nous dit d'abord, un petit corps microscopique en forme de bâtonnet que l'on trouve dans le sang des moutons malades du charbon. Voilà une définition qui est assez précise pour commencer. Maintenant, nous découvrons que ces corpuscules sont doués de la propriété d'assimilation, et, par suite, de multiplication ; ils reproduisent, dans le sang du mouton, une foule de bâtonnets *identiques à eux-mêmes*. Ces nouveaux bâtonnets sont donc aussi des bactériodies charbonneuses comme celles *d'où elles descendent*. Il n'y a pas là de difficulté.

Portons une de ces bactériodies dans un bouillon convenable à une température convenable. Elle assimilera encore, mais au lieu de donner comme

dans le sang du mouton des bactériidies isolées, elle se transformera en un long filament flexueux. Il est vrai que, par des procédés spéciaux d'observation, nous savons reconnaître dans ce long filament flexueux un grand nombre d'articles juxtaposés dont chacun, envisagé isolément, ressemble encore à une bactériдие. Nous convenons de dire que nous avons là une forme filamenteuse de bactériidies.

Cette expression est, hâtons-nous de le dire, parfaitement justifiée, puisque si nous transportons un de ces filaments dans le corps d'un mouton, il y donne naissance à des bactériidies tout à fait caractérisées. Il y a donc deux formes que peut affecter *un même corps* dans deux milieux différents. La physique et la chimie fourmillent d'exemples semblables ; une goutte d'huile peut prendre une forme différente suivant qu'on la plonge dans l'eau pure ou dans de l'alcool absolu.

Continuons l'observation de notre culture en bouillon ; au bout de quelque temps, la substance de chaque bactériдие se condense en une petite sphère très brillante ? Est-ce encore une bactériдие ? Pas quant à la forme tout au moins, mais cette petite sphère brillante peut se transformer en une bactériдие bien caractérisée si on la transporte dans du bouillon frais. Elle contient donc tout ce qu'il y a dans la bactériдие, moins

quelques éléments empruntés au bouillon. Nous trouvons encore des cas tout à fait semblables en physique :

Considérons une goutte d'eau salée. Si l'eau vient à disparaître pour une raison quelconque, il reste un cristal de sel qui n'a plus la même forme, mais ce cristal de sel, muni d'une goutte d'eau, redonnera une goutte d'eau salée identique à celle d'où il provient. La petite sphère brillante de tout à l'heure est, par rapport à la bactéridie, à peu près ⁽¹⁾ dans le même cas que le cristal de sel, par rapport à la goutte d'eau salée ; on l'appelle la *spore de la bactéridie*.

Les trois états que nous venons de passer en revue ont, malgré leurs différences de formes, ceci de commun que, de l'un quelconque d'entre eux, nous pouvons facilement passer à celui qui nous a servi de point de départ : le bâtonnet, dans le sang d'un animal ayant le charbon. Aussi, il n'y a rien d'illogique à ce que nous conservions à ces trois états le même nom, pourvu que nous ajoutions à ce nom un qualificatif qui indique, dans chaque cas, l'état considéré : *Bactéridie parasite* (dans le sang d'un animal ayant le charbon) ; *Bactéridie filamenteuse*, dans une culture en présence d'oxygène

(1) Seulement à peu près, car la bactéridie n'est pas au repos chimique quand on la considère à l'état de vie élémentaire manifestée.

libre ; et enfin *Bactéridie sporulée* ou *spore de bactéridie*. L'appellation commune de ces trois corps est convenable, puisque c'est en réalité le même corps, chimiquement défini et ayant les mêmes propriétés, qui a seulement trois formes différentes dans trois cas déterminés. De même, en chimie, nous donnons le même nom de *soufre* à trois corps différents : soufre octaédrique, soufre prismatique, soufre mou, parce qu'ils ont des propriétés chimiques identiques, dans des conditions identiques, et que l'un peut se transformer dans l'autre à volonté.

En rassemblant tous les caractères communs à la bactéridie parasite, la bactéridie filamenteuse et la spore de bactéridie, et y ajoutant la propriété de chacun de ces corps de pouvoir se transformer dans les deux autres dans des conditions connues nous définissons ce qu'on appelle l'*espèce* bactéridie charbonneuse. Avec le tableau de ces caractères nous saurons reconnaître partout et toujours un plastide de l'espèce considérée. L'espèce biologique ainsi définie serait aussi précise que l'espèce chimique.

Mais nous sommes immédiatement amenés à en étendre l'acception lorsque nous quittons la condition n° 1 ou la condition n° 3, pour entrer dans la condition n° 2, autrement dit lorsque nous quittons le repos chimique ou l'assimilation pour étudier la variation.

Si nous savions écrire la formule chimique d'un plastide $a = \alpha + \beta + \gamma + \delta + \varepsilon + \zeta$ et si nous pouvions la vérifier à chaque instant, il nous serait facile de maintenir, pour la définition de l'espèce biologique, toute la rigueur de la définition de l'espèce chimique. Mais considérons, par exemple, la culture à 42° 5 en présence de l'oxygène. Nous avonsensemencé cette culture au moyen d'une goutte de sang charbonneux, nous savons donc exactement ce que nous y avons mis ; au bout de quelque temps, nous ne le savons plus, puisque, jusqu'au trentième jour la variation se fait constamment, de telle manière que des filaments, empruntés à la culture à deux moments différents et ensemencés dans des bouillons identiques donnent des plastides de virulence *différente*.

Rigoureusement parlant, nous n'avons plus affaire à des bactériidies charbonneuses, quoique les filaments de ces cultures aient encore avec les bactériidies initiales beaucoup de caractères communs. Une culture faite au bout du vingtième jour par exemple, ne pourra plus donner de bâtonnets se développant dans le sang d'un mouton, ce qui était précisément notre caractéristique initiale de la bactériidie. A cause des autres caractères communs, nous pourrions convenir cependant de donner encore le nom de *bactériidies* aux plastides de nos nouvelles cultures, à con-

dition de corriger ce mot par le qualificatif *atténuées*, rappelant la diminution de virulence.

Nous dirons donc que les plastides du premier et du deuxième vaccin charbonneux, sont des *bactéridies charbonneuses atténuées*, et nous voyons immédiatement que nous ne pouvons plus prétendre à la rigueur des définitions de la chimie. Nous savons en effet que, suivant le mode d'atténuation employé, les natures de deux vaccins de même virulence peuvent être différentes par d'autres points.

Nous risquons donc de donner le même nom à des corps qui ne sont pas identiques et, du moment que nous sommes entrés dans cette voie, on ne peut pas savoir où nous nous arrêterons. Il est cependant impossible de faire autrement.

Observons, en effet, une culture quelconque de la bactériodie : en admettant même que nous ayons su déterminer rigoureusement la nature du milieu au moment de l'ensemencement, et il faut avouer que ce n'est pas le cas en général, nous ignorerons absolument au bout de quelque temps quelles sont les quantités de substances Q employées, les quantités de substances R produites, et si, à un moment donné, survient une légère variation, nous ne le saurons pas ⁽¹⁾. Il

(1) A moins qu'elle ne se traduise par une modification morphologique saillante.

faut cependant que nous désignons d'un nom quelconque les plastides de notre culture et, pour les distinguer d'autres plastides entièrement différents, nous leur appliquerons encore le nom de bactériidies charbonneuses. La définition de l'espèce en Biologie est donc forcément beaucoup plus élastique que celle de l'espèce en chimie, et nous voyons immédiatement qu'il ne faudra pas accorder au mot espèce une valeur absolument scientifique.

C'est une des raisons principales qui font que, dans l'état actuel des choses, la Biologie ne peut être une science exacte.

24. — Au point où nous en sommes, nous appelons donc plastides d'une même espèce, ceux que nous *savons* dériver les uns des autres par assimilation ou par variation; nous avons donc remplacé la notion d'identité par la notion de descendance, mais nous sommes là sur une pente dangereuse; si nous ne nous limitons pas d'une façon précise, le mot espèce, non seulement ne sera plus rigoureux, il ne peut l'être, mais encore n'aura plus aucune raison d'être, aucune signification scientifique.

Où s'arrête la variation? Comment saurons-nous reconnaître que deux plastides rencontrés par hasard ont une origine commune?

L'exemple de la bactériдие charbonneuse permet de répondre assez convenablement à la

première de ces deux questions. Toutes les variations que nous avons observées jusqu'à ce jour laissent subsister un assez grand nombre de caractères communs ; il y a encore beaucoup de ressemblance entre la bactériodie virulente et le premier vaccin charbonneux, entre la bactériodie sporogène et la bactériodie asporogène, malgré des différences nettement indiquées ; et puis, surtout, nous savons passer des unes aux autres ⁽¹⁾.

Il n'en est plus de même pour la deuxième question. Une définition d'espèce ne peut être considérée comme bonne que si les plastides qui répondent à cette définition commune ont plus de caractères communs entre eux qu'avec tout autre plastide d'une autre espèce.

Or, rappelons-nous l'existence de ce plastide saprophyte décrit par Hüppe et Wood ⁽²⁾ : « Ces microbes saprophytes sont des bacilles endosporés qui, morphologiquement, ne se distinguent des bactériodies que par leurs extrémités plus arrondies ». Mais n'avons-nous pas constaté des différences morphologiques au moins aussi

(1) Sans qu'il soit nécessaire de pouvoir *revenir* ensuite au type primordial ; ce retour, impossible jusqu'à présent pour la bactériodie asporogène, est possible, au contraire, pour la bactériodie atténuée comme nous le verrons plus tard (*Retour à la virulence*, v. p. 145).

(2) Voyez plus haut, p. 79.

importantes entre des bactériidies provenant d'un même ancêtre ?

« Les microbes saprophytes de Hüppe et Wood donnent des spores à des températures beaucoup plus basses que les bactériidies ». Mais les bactériidies asporogènes ne donnent pas de spores du tout, ce qui est une différence bien plus grande avec la bactériдие normale.

« Les microbes de Hüppe et Wood ne produisent aucun effet pathogène sur les animaux, si ce n'est une petite affection locale qui s'observe quelquefois chez les cobayes ». Mais les bactériidies peuvent être atténuées au point de ne plus produire aucun effet pathogène.

Nous ne trouvons aucun caractère qui différencie le microbe de Hüppe d'avec la bactériдие, plus que cette bactériдие ne se différencie elle-même d'avec les plastides résultant de sa variation. Disons-nous donc que le microbe de Hüppe est une *bactériдие charbonneuse saprophyte* ? En définissant l'espèce par la descendance, nous nous sommes interdit de le faire car nous ne savons pas passer du microbe de Hüppe à la bactériдие charbonneuse ni de la bactériдие charbonneuse au microbe de Hüppe. Mais supposons qu'avant de connaître le procédé, somme toute très spécial, de la fabrication des bactériidies asporogènes nous en ayons trouvé par hasard d'une variété non virulente. Nous ne

savons pas passer de la bactériodie asporogène à la bactériodie sporogène et nous n'aurions pas pu démontrer que, au point de vue de la descendance, le plastide ainsi découvert fût de l'espèce *bactériodie charbonneuse*. La définition par la descendance est donc impossible dans beaucoup de cas (1).

Comment donc définir l'espèce des plastides, et quelles en sont les limites ? Il faudra une convention spéciale à chaque cas, mais on ne devra accorder à cette convention qu'une valeur très relative et être disposé à l'abandonner pour une autre si une découverte nouvelle vient nous démontrer qu'elle est mauvaise. Nous dirons par exemple que les bactériodies atténuées et asporogènes sont des variétés de l'espèce bactériodie charbonneuse ; pour le microbe de Hüppe, nous pourrions convenir jusqu'à nouvel ordre d'en

(1) « Il faut avoir suivi pas à pas, dans des expériences bien conduites, toute la série des changements de la bactériodie pour être assuré que le microbe inoffensif et sans spores est le virus charbonneux..... C'est à grand peine, en effet, si, dans nos laboratoires, nous les conservons avec leur aspect caractéristique, dans des conditions de culture déterminées cependant aussi rigoureusement que possible. Aussi, il ne faut pas déclarer à la hâte que deux microbes sont sans parenté parce que l'apparence de leurs colonies n'est pas tout à fait la même.... » ROUX. — *Bactériodie asporogène*, *op. cit.* p. 34.

faire une espèce voisine de la première ou une variété de la même espèce comme nous voudrions, mais étant donné qu'en biologie nous ne trouverons pas beaucoup de cas aussi bien étudiés que celui de la bactéridie charbonneuse et que nous rangerons souvent dans une même espèce des corps ayant un grand nombre de caractères communs et quelques caractères différents sans savoir passer des uns aux autres, il est préférable d'adopter la deuxième convention et de considérer le microbe de Hüppe comme une *bactéridie charbonneuse saprophyte*.

Ces considérations un peu longues n'étaient pas inutiles, car il est indispensable de se rendre compte, dès le début de la biologie, de la *convention* qui préside à la définition des espèces, ce qui évitera, dans l'avenir, des discussions stériles sur l'étendue possible des variations sans changement d'espèce.

Nous devons aussi retenir ce fait que nos moyens d'investigation sont très bornés ; nous savons quelquefois trouver un procédé qui nous permette de diriger la variation d'un plastide déterminé de manière à en obtenir une variété donnée, mais il ne s'ensuit pas que nous connaissions toutes les conditions de la variation des plastides et nous n'aurons pas le droit de nier *a priori* la communauté possible d'origine de deux plastides un peu différents

parce que nous ne saurons pas faire dériver ces deux plastides d'une forme unique préexistante.

Et puis, l'erreur est si facile ! Buchner a soutenu qu'il avait transformé en bactériodie charbonneuse un plastide connu sous le nom de *bacillus subtilis* et dont les spores sont très abondantes dans le foin. Or, personne n'a pu reproduire ses expériences, ce qui semble prouver que des impuretés s'étaient glissées dans ses cultures⁽¹⁾ ; c'est du moins l'opinion de M. Pasteur et de M. Koch.

La notion d'espèce et l'étude de la variation sont relativement peu intéressantes pour les plastides analogues à la bactériodie charbonneuse qui se dissocient le plus souvent après la bipartition ; chez ces espèces, la variation morphologique est en effet peu saillante et la variation physiologique ne se manifeste que grâce aux réactions pathologiques. Aussi beaucoup de petites variations passent-elles certainement inaperçues et considérons-nous peut-être comme identiques des plastides qui diffèrent chimiquement d'une manière assez notable, comme deux bactériodies de même virulence atténuées par deux procédés différents ; nous en trouverons

(1) BUCHNER, — *Ueber die experimentelle Erzeugung des Milzbrandcontagium aus den Heupilzen*, Nægeli's Untersuchungen über Niedere Pilze, Munich, 1882.

des preuves quand nous étudierons le renforcement des virulences et que nous verrons certains procédés donner des résultats absolument opposés pour des espèces animales différentes, exalter par exemple la virulence pour l'une de ces espèces en la diminuant pour l'autre ⁽¹⁾.

Il n'en sera plus de même quand nous nous occuperons d'autres plastides bien plus intéressants qui ont la propriété en se multipliant de donner naissance à des agglomérations polyplastidaires, animaux ou végétaux supérieurs. Les moindres variations dans ces plastides appelés *œufs des métazoaires*, se traduisent au cours du développement du métazoaire correspondant par des modifications morphologiques importantes. Nous aurons donc, pour ces êtres particuliers, un réactif encore plus sensible que la virulence, le développement, phénomène dont nous avons déjà fait remarquer ailleurs ⁽²⁾ toute l'importance au point de vue de l'étude chimique des œufs :

« Il est certain que si la chimie nous permettait actuellement d'analyser complètement les protoplasmas, nous pourrions déterminer rigoureusement les œufs par le nombre et la

(1) Voyez plus loin, p. 148.

(2) *Théorie nouvelle de la vie*. Chap. XVIII, p. 206.

nature de leurs substances plastiques ⁽¹⁾; mais à défaut de cette connaissance des compositions atomiques, nous pouvons caractériser les œufs par leurs propriétés et particulièrement par celles que met en évidence leur vie élémentaire manifestée.

Or, la vie élémentaire manifestée de l'œuf se traduit par une série de bipartitions que l'on appelle sa segmentation; mais cette segmentation donne naissance à des agglomérations successives de 2, 4, 8, etc., 2^m plastides.

Chacun des stades successifs caractérisés par un nombre croissant de plastides, correspond une forme spécifique de l'être polyplastidaire correspondant. Or, les divergences qui séparent deux œufs d'espèces différentes, deviennent de plus en plus accentuées à mesure qu'augmente le nombre des bipartitions; l'observation de plus en plus longue de la vie élémentaire manifestée d'un œuf nous permet donc de caractériser de plus en plus nettement cet œuf.

(1) Il faudrait aussi tenir compte des quantités relatives de ces substances dont la proportion a peut-être une influence considérable sur la morphogénie. Nous avons d'ailleurs vu plus haut que la variation de virulence est peut-être due uniquement à une variation dans les proportions des substances plastiques constitutives, sans qu'il soit nécessaire de faire intervenir dans son explication une variation qualitative de ces substances plastiques.

Pour distinguer nettement deux microbes de formes presque semblables, nous étudions leurs réactions, ou, ce qui est plus exact, les propriétés de leurs substances R ; mais en général, nous pouvons aussi les distinguer en étudiant les formes que prennent leurs colonies dans certains milieux déterminés, le bouillon gélatiné par exemple. Eh bien ! de même, pour distinguer deux œufs de formes presque semblables, nous étudions les formes qui proviennent de leur développement, les colonies qui en dérivent, c'est-à-dire que, par exemple, pour distinguer un œuf de truite d'un œuf de hareng, nous suivons le développement de ces deux œufs jusqu'à ce que nous voyions l'un d'eux devenir une truite, l'autre un hareng. Ainsi exposé cela semble enfantin et néanmoins c'est exactement la même chose que l'on fait en chimie quand, pour distinguer deux corps semblables d'apparence, on les soumet à leurs *réactions caractéristiques*. Du bromure de sodium et du bromure de potassium donnent des couleurs différentes à la flamme du bec Bunsen ; si nous ne connaissions pas leur composition atomique et leurs autres propriétés, nous définirions ces deux corps par la couleur qu'ils donnent à la flamme du bec Bunsen et nous dirions somme toute : celui qui donne la flamme jaune est « le corps qui donne la flamme jaune », comme l'œuf de

hareng est celui qui donne un hareng. Et la propriété de donner un hareng au bout d'un certain nombre de bipartitions dans un milieu convenable est bien plus spéciale, bien plus caractéristique que celle de donner une couleur jaune à la flamme du bec Bunsen ».

On nous pardonnera cette courte digression, elle est destinée à montrer comment des différences aussi peu constatables directement que celles qui séparent les œufs de deux poissons peuvent se traduire, au cours du développement, par des divergences comme celles qui existent entre une truite et un hareng. Il y a donc là un réactif d'une sensibilité incroyable qui nous permettra d'étudier bien plus complètement la variation des plastides appelés œufs.

De plus, c'est de la considération des êtres supérieurs qu'est née d'abord la notion d'espèce ; il n'y a rien d'étonnant à ce qu'elle soit plus difficilement applicable à des plastides comme la bactériodie charbonneuse, qui ne donnent pas lieu à un développement polyplastidaire capable de mettre en relief les plus légères modifications de la substance de ces plastides. Contentons-nous donc jusqu'à présent de cette première approximation dans la définition de l'espèce ; nous l'approfondirons ultérieurement à propos des métazoaires.

TROISIÈME PARTIE

LA SÉLECTION

CHAPITRE IX

LUTTE POUR L'EXISTENCE ET IMMUNITÉ

25. — Nous avons appris dans les chapitres précédents ce que c'est qu'un plastide d'une espèce déterminée à l'état de vie élémentaire manifestée. Nous savons qu'à cet état le plastide est le siège de réactions dont le résultat est l'assimilation, c'est-à-dire la fabrication aux dépens tant de sa propre substance que de celle du milieu, de plastides semblables à lui. En d'autres termes, le plastide transforme en plastides semblables à lui les substances *alimentaires* (Q) du milieu dans lequel il trouve réalisée la condition n° 1. Il fabrique en même temps des substances accessoires (R) qui restent dissoutes dans le milieu, ou dans les plastides

(toxines dans certains cas. MARMIER. *op. cit.*), ou enfin se précipitent autour des plastides en leur constituant une membrane cellulaire (celluloses, etc., v. p. 41).

Mais tous les plastides formés par assimilation au cours de la vie élémentaire manifestée du premier plastide, se trouvent immédiatement, eux aussi, à l'état de vie élémentaire manifestée et assimilent aussi bien que celui d'où ils proviennent. Ils consomment donc tous ensemble les substances Q et produisent tous ensemble des substances R en même temps que de nouveaux plastides semblables à eux et qui s'ajoutent à eux pour consommer des substances Q et produire des substances R, et ainsi de suite indéfiniment *si le milieu est illimité*.

Or, il n'y a pas de milieu illimité, et nous devons considérer ce qui se passe dans un milieu confiné comme le cas le plus général.

Alors, les substances Q seront en quantité limitée ; la proportion des substances R dans le milieu s'accroîtra constamment au cours de la vie élémentaire manifestée des plastides ; ces deux conditions réunies feront qu'au bout d'un certain temps le milieu ne réalisera plus la condition n° 1 et les plastides seront, par conséquent, condamnés soit à la destruction (condition n° 2, mort élémentaire), soit, au moins, au repos chimique (condition n° 3, spores), par suite même

de leur multiplication dans un milieu confiné. Or, cette multiplication a lieu en progression géométrique quand le temps s'écoule en progression arithmétique ⁽¹⁾, c'est-à-dire qu'elle est extrêmement rapide ; donc la diminution des substances Q et l'accumulation des substances R sont également très rapides ; la vie élémentaire manifestée ne peut se prolonger bien longtemps.

Il n'en serait pas de même si l'on intervenait à chaque instant pour éliminer ou détruire les plastides nouvellement formés de telle manière qu'il n'y eût jamais dans le milieu qu'un seul plastide à l'état de vie élémentaire manifestée ; la condition n° 1 se prolongerait beaucoup plus longtemps, la destruction des substances Q et la production des substances R seraient proportionnelles au temps au lieu d'être des fonctions exponentielles du temps. Au point de vue de la prolongation de la vie élémentaire manifestée, la destruction d'un certain nombre des plastides formés est donc *avantageuse* pour ceux qui restent ⁽²⁾. Leur persistance est, au contraire,

(1) Cette loi connue sous le nom de *loi de Malthus* découle immédiatement de la propriété d'assimilation.

(2) Elle l'est encore davantage si elle a lieu dans le milieu même, car la destruction des substances plastiques donne généralement des substances Q qui sont ainsi rendues au milieu et peuvent être utilisées à nouveau.

nuisible à ceux-ci ; c'est ce que Darwin a appelé la *concurrence vitale*.

Considérons, en effet, un milieu confiné dans lequel il y a à un moment donné n plastides à l'état de vie élémentaire manifestée. Chacun d'eux assimile, c'est-à-dire, si nous le considérons comme un individu agissant, *tire à lui* ⁽¹⁾ les substances Q du milieu pour les transformer en substances plastiques et rejette dans ce milieu des substances R nuisibles à la vie élémentaire manifestée. Nous devons donc, si nous continuons à individualiser ces plastides, dire que leurs intérêts sont contraires, puisqu'ils ont tous *besoin* des mêmes substances Q qui existent en quantité limitée dans le milieu. Et ils ont besoin de ces substances Q pour rester à la condition n° 1, c'est-à-dire, somme toute, pour ne pas se détruire, pour *exister* ; les substances Q détruites, le milieu réalise la condition n° 2 et les plastides *meurent* ⁽²⁾, à moins que des circonstances particulières ne déterminent le repos chimique, la vie élémentaire latente pour ces plastides (condition n° 3, spores). C'est ce dernier cas qui se réalise pour la bactériodie charbon-

(1) Comparaison plutôt nuisible qu'utile, mais indispensable pour expliquer l'expression courante de lutte pour l'existence.

(2) La *mort élémentaire* survient au bout d'un temps suffisant de condition n° 2, v. p. 36.

neuse dans les cultures ordinaires faites en présence de l'oxygène libre. Mais cela tient à ce que, dans ces cultures, l'une des substances Q (oxygène) est en quantité illimitée. Dans un milieu vraiment confiné (vase scellé), c'est la mort élémentaire et non la sporulation qui survient. On peut donc dire que les plastides tirant, chacun à soi, les substances Q nécessaires à tous, LUTTENT POUR L'EXISTENCE.

Dans le cas considéré, les adversaires sont à peu près égaux et tous doivent disparaître à la fois; il y a cependant, nous l'avons vu, quelques différences individuelles, puisque quelques-uns résistent plus longtemps à la condition n° 2; dans les vieilles cultures asporogènes (v. p. 98) toutes les bactériidies ne meurent pas à la fois; celles qui subsistent le plus longtemps sont dites plus *résistantes* et elles seules recommenceront à assimiler si on sème dans du bouillon frais le reste de la vieille culture. Les plastides qui auront subsisté auront vaincu dans la lutte; nous dirons que ce sont les plus résistants qui ont triomphé des moins résistants (¹) quoique en

(¹) C'est déjà la *persistance du plus apte* de DARWIN; on voit aisément que l'on serait arrivé à cette notion sans faire intervenir l'idée de lutte; il a fallu, au contraire, que nous nous placions à un point de vue très spécial pour introduire cette idée dans le langage; nous l'avons fait pour nous conformer à l'habitude.

réalité la destruction des uns et des autres ait été uniquement un fait résultant de la composition du milieu (condition n° 2) que tous les plastides ont à peu près également contribué à modifier.

26. Lutte pour l'existence entre des plastides différents. 1° Variétés d'une même espèce. — Supposons que nous fassions un mélange de bactériidies ordinaires et de bactériidies asporogènes pour les cultiver dans un même milieu confiné ; abandonnons ce milieu à lui-même et prélevons, au bout de quinze à quarante jours au plus, une petite partie du dépôt qui reste au fond du vase. Il arrivera un moment où, en semant ce dépôt dans du bouillon frais, nous obtiendrons une culture pure de charbon sporogène. Disons-nous que cette variété, luttant avec le charbon asporogène, a triomphé de ce dernier et est resté seul maître de la place ? Nous pouvons le dire si nous tenons absolument à nous conformer au langage courant, mais cela est bien inutile. Que s'est-il passé en effet ? La vie élémentaire manifestée de notre culture mixte a transformé la condition n° 1 du milieu en condition n° 2 pour l'une et l'autre variété ; seulement, dans ces circonstances, la variété sporogène a donné naissance à des spores capables de traverser, à l'état d'indifférence chimique, cette condition n° 2, tandis que la variété asporogène

est restée à l'état d'activité chimique et par suite de destruction plastique. Au bout d'un temps suffisamment long la mort élémentaire aura donc atteint toutes les bactériidies asporogènes tandis que les spores des bactériidies ordinaires seront restées intactes dans le liquide. Des deux variétés, celle qui persistera dans les conditions précédentes sera donc celle qui sera la mieux armée pour résister à la condition n° 2. Mais on voit aisément que, s'il y a lutte au sens établi dans le paragraphe précédent, et cela est vrai, la lutte n'est pas cantonnée uniquement entre des bactériidies de variété différente, mais se produit également entre des bactériidies de même variété. En effet, s'il n'y avait pas eu de bactériidies sporogènes, les bactériidies asporogènes auraient néanmoins toutes disparu au bout d'un temps suffisant, puisque leur vie élémentaire manifestée aurait suffi à épuiser le milieu et à y établir la condition n° 2. Dans tous les cas, par suite de leur inaptitude à former des spores, ces bactériidies asporogènes se trouvent naturellement éliminées de la lutte ultérieure au profit des bactériidies sporogènes; ces dernières tirent donc un avantage de leur *aptitude* à sporuler; il y a encore *persistance du plus apte*, dans le cas où nous nous sommes placés et qui se produit peut-être quelquefois spontanément.

Autre exemple de concurrence vitale entre

des variétés d'une même espèce ; nous en trouverons autant que nous voudrons en nous plaçant dans des conditions où nous savons d'avance que l'une de ces variétés a un avantage quelconque sur l'autre. Cherchons-en par exemple dans les bactériidies atténuées. Qu'est-ce que l'atténuation ? la diminution de la virulence. Qu'est-ce que la virulence ? l'*aptitude* à se multiplier dans l'intérieur du corps d'un animal déterminé. Quelles que soient les raisons pour lesquelles cette aptitude est plus ou moins grande, et nous les étudierons plus tard ⁽¹⁾, nous pouvons prévoir d'avance ce qui se passera dans l'expérience que nous allons décrire maintenant :

Injectons à un mouton un mélange de bactériidies virulentes et de bactériidies atténuées par une culture prolongée vingt jours à 42° et demi en présence de l'oxygène. Le mouton mourra du charbon au bout d'un certain temps et si, à ce moment, nous étudions son sang, nous n'y trouvons plus que des bactériidies virulentes, comme il est facile de s'en rendre compte en

(1) V. p. 153. Il est inutile de compliquer l'exposition par celle du mécanisme de l'immunité, la définition même de la virulence suffit à nous donner une indication sur ce qui arrivera sans que nous ayons besoin d'approfondir les raisons pour lesquelles cela arrivera.

cultivant *une seule* quelconque, de ces bactériidies dans du bouillon frais. Quelle que soit la bactériidie choisie pour faire l'ensemencement, la culture obtenue sera virulente et non atténuée. Il n'y a donc plus de bactériidies atténuées dans le mouton. Ici encore il y aura eu persistance du plus apte ou, si l'on préfère, persistance du seul apte, puisque les bactériidies atténuées, même injectées seules, eussent été détruites; il n'y a pas eu plus de lutte que dans le dernier cas et cependant il y a eu tri, *sélection*, par le passage de la culture mélangée à travers l'organisme du mouton. On peut cependant dire que s'il n'y a pas eu lutte entre les bactériidies de virulences différentes de même qu'il n'y avait pas lutte entre les bactériidies asporogènes et les spores des bactériidies ordinaires dans notre premier exemple, il y avait lutte entre les bactériidies et le milieu (condition n° 2 dans le premier cas, organisme du mouton dans le second) et que, seules, les plus aptes à cette lutte ont persisté.

Darwin n'a jamais compris autre chose dans l'expression, *lutte pour l'existence* ou *concurrency vitale* déterminant la *sélection naturelle* (1). On voit qu'il n'y a, dans toutes ces

(1) Ou persistance du plus apte.

des variétés d'une même espèce ; nous en trouverons autant que nous voudrons en nous plaçant dans des conditions où nous savons d'avance que l'une de ces variétés a un avantage quelconque sur l'autre. Cherchons-en par exemple dans les bactériidies atténuées. Qu'est-ce que l'atténuation ? la diminution de la virulence. Qu'est-ce que la virulence ? l'*aptitude* à se multiplier dans l'intérieur du corps d'un animal déterminé. Quelles que soient les raisons pour lesquelles cette aptitude est plus ou moins grande, et nous les étudierons plus tard ⁽¹⁾, nous pouvons prévoir d'avance ce qui se passera dans l'expérience que nous allons décrire maintenant :

Injectons à un mouton un mélange de bactériidies virulentes et de bactériidies atténuées par une culture prolongée vingt jours à 42° et demi en présence de l'oxygène. Le mouton mourra du charbon au bout d'un certain temps et si, à ce moment, nous étudions son sang, nous n'y trouvons plus que des bactériidies virulentes, comme il est facile de s'en rendre compte en

(1) V. p. 153. Il est inutile de compliquer l'exposition par celle du mécanisme de l'immunité, la définition même de la virulence suffit à nous donner une indication sur ce qui arrivera sans que nous ayons besoin d'approfondir les raisons pour lesquelles cela arrivera.

cultivant *une seule* quelconque, de ces bactériidies dans du bouillon frais. Quelle que soit la bactériidie choisie pour faire l'ensemencement, la culture obtenue sera virulente et non atténuée. Il n'y a donc plus de bactériidies atténuées dans le mouton. Ici encore il y aura eu persistance du plus apte ou, si l'on préfère, persistance du seul apte, puisque les bactériidies atténuées, même injectées seules, eussent été détruites ; il n'y a pas eu plus de lutte que dans le dernier cas et cependant il y a eu tri, *sélection*, par le passage de la culture mélangée à travers l'organisme du mouton. On peut cependant dire que s'il n'y a pas eu lutte entre les bactériidies de virulences différentes de même qu'il n'y avait pas lutte entre les bactériidies asporogènes et les spores des bactériidies ordinaires dans notre premier exemple, il y avait lutte entre les bactériidies et le milieu (condition n° 2 dans le premier cas, organisme du mouton dans le second) et que, seules, les plus aptes à cette lutte ont persisté.

Darwin n'a jamais compris autre chose dans l'expression, *lutte pour l'existence* ou *conurrence vitale* déterminant la *sélection naturelle* (1). On voit qu'il n'y a, dans toutes ces

(1) Ou persistance du plus apte.

considérations, aucune part d'hypothèse, mais une simple déduction parfaitement logique.

Dans le dernier cas que nous avons considéré, nous avons supposé un mélange de bactériidies virulentes avec des bactériidies tout à fait atténuées et par conséquent absolument inaptes à se multiplier dans le mouton. Mais supposons que nous ayons affaire à un mélange de bactériidies de virulences différentes et cependant non tout à fait atténuées. Nous devons prévoir que, par définition même, si nous inoculons un tel mélange à un mouton, les bactériidies plus virulentes prospéreront mieux que les moins virulentes et que, par conséquent, la proportion des bactériidies plus virulentes dans le sang du mouton ira croissant par rapport aux bactériidies moins virulentes; prenons une goutte du sang de ce premier mouton quand il mourra et inoculons-la à un second mouton, la proportion des bactériidies plus virulentes par rapport aux moins virulentes ira encore en croissant et par suite d'un nombre suffisant de passages sur les moutons nous aurons *exalté* au maximum la virulence du sang charbonneux; nous aurons eu sélection naturelle, persistance des plus aptes d'entre les bactériidies par rapport à l'organisme du mouton.

Or, ce que nous venons de supposer n'est pas une hypothèse mais la description exacte d'une

expérience très connue et mille fois renouvelée. Il est vrai que cette expérience n'a pas été faite avec des cultures de virulences différentes intentionnellement mélangées. Reportons-nous à ce que nous avons vu plus haut de la variation à la condition n° 2 ; quand on a conservé longtemps, sans la surveiller, une culture de bactériidies virulentes, il a pu se produire pour quelques-unes de ces bactériidies des variations individuelles de virulence qui font que la virulence moyenne de la culture a diminué. Eh bien ! inoculons une telle culture à un mouton. Il se fera dans cet organisme une sélection naturelle, et si nous prenons une goutte de son sang après sa mort, pour l'ensemencer dans du bouillon nouveau, nous obtiendrons une culture nouvelle d'une virulence moyenne *plus grande* que celle de la culture initiale. C'est un fait que l'expérience vérifie toujours.

Nous venons d'employer l'expression *virulence moyenne* pour désigner la virulence d'une culture mélangée. Si l'organisme du mouton était un vase inerte comme les récipients chimiques, cette expression se comprendrait immédiatement. Séparons en effet du terme α le terme β sur lequel nous avons supposé que porte la variation entraînant la diminution de virulence ; séparons aussi du terme R le terme r contenant les principes toxiques résultant de

l'action plus spéciale de β . Nous aurons pour trois bactériidies l'une virulente, les autres atténuées, les équations :

$$\begin{aligned} a + \beta + Q &= \lambda (a + \beta) + R + r \\ a + \frac{5\beta}{8} + Q_1 &= \lambda_1 \left(a + \frac{5\beta}{8} \right) + R_1 + \frac{5r}{8} \\ a + \frac{\beta}{4} + Q_2 &= \lambda_2 \left(a + \frac{\beta}{4} \right) + R_2 + \frac{r}{4}. \end{aligned}$$

C'est-à-dire que, au point de vue de la production de la substance r une bactériдие ($a + \beta$) et une bactériдие ($a + \frac{\beta}{4}$) équivaudront à deux bactériidies de virulence moyenne ($a + \frac{5\beta}{8}$). Pour ce qui est de la culture en bouillon, nous n'avons pas remarqué de grandes différences entre les vitesses de développement des diverses variétés⁽¹⁾, mais il n'en est plus de même dans l'organisme d'un mouton, par définition même de la virulence. Injectons en même temps la bactériдие ($a + \beta$) et la bactériдие ($a + \frac{\beta}{4}$) en quantités égales; la virulence moyenne sera $\frac{5r}{8}$. en admettant que la virulence soit exclusivement en rapport avec la substance r du terme R. Si ($a + \frac{\beta}{4}$) n'est pas viru-

(1) Ces différences existent cependant, mais, pour la simplicité du raisonnement, il vaut mieux ne pas les faire intervenir; nous y reviendrons à propos de l'antagonisme entre bactériidies d'espèces différentes.

lente du tout, elle ne se développera pas du tout et la virulence moyenne deviendra immédiatement r . Si elle est un peu virulente elle se développera moins vite que $(\alpha + \beta)$, de sorte que, au bout de quelque temps, on aura $2(\alpha + \beta)$ pour un seul $(\alpha + \frac{\beta}{4})$ la virulence moyenne sera

alors $\frac{2r + \frac{r}{4}}{3} = \frac{3r}{4}$, quantité plus grande que $\frac{5r}{8}$.

On se rend compte au moyen de cette analyse très incomplète⁽¹⁾ que la virulence moyenne augmentera et tendra vers r , c'est-à-dire vers la virulence de la bactérie la plus virulente du mélange. Il y aura *sélection naturelle*, persistance des bactéries plus virulentes, *plus aptes*, aux dépens des bactéries moins virulentes, moins aptes, moins bien armées dans la lutte contre l'organisme du mouton⁽²⁾.

Une expérience de M^{lle} Tsiklinski⁽³⁾ est très intéressante à l'égard de ce phénomène du retour

(1) Parce que nous n'avons pas encore étudié le mécanisme de la destruction des moins aptes dans le mouton.

(2) *Lutte contre l'organisme du mouton* est pris ici dans le sens de *lutte contre le milieu* (v. p. 134), puisque nous ne savons pas encore quelle lutte existe réellement dans ce cas, ce que nous ne verrons que plus tard.

(3) M^{lle} TSIKLINSKI. — *Recherches sur la virulence de la Bactérie*. Ann. Institut Pasteur. VI, 1892.

à la virulence. MM. Pasteur, Chamberland et Roux⁽¹⁾ avaient depuis longtemps employé le procédé de la sélection naturelle que nous venons de signaler pour rendre la virulence à la bactériodie atténuée : « Quand la bactériodie charbonneuse a été privée de toute virulence pour le cobaye, le lapin et le mouton, on peut lui restituer son activité par des cultures successives dans le corps de ces animaux. La bactériodie inoffensive pour le cobaye de plusieurs années, d'un an, de six mois, d'un mois, de quelques semaines, de plusieurs jours, peut encore tuer le cobaye d'un jour. Si alors on passe d'un cobaye d'un jour à un autre par inoculation de sang du premier au deuxième, de celui-ci à un troisième et ainsi de suite, on renforce graduellement la virulence de la bactériodie, ou, en d'autres termes, son pouvoir à se développer dans l'économie. Bientôt, par suite, on peut tuer le cobaye de trois et de quatre jours, d'une semaine, d'un mois, de plusieurs années ; enfin les moutons eux-mêmes. La bactériodie est revenue à sa virulence d'origine et elle la conserve indéfiniment si on ne fait rien pour l'atténuer de nouveau⁽²⁾ ».

Mais, d'après ce que nous avons vu plus

(1) *De l'atténuation des virus et de leur retour à la virulence.* C. R. Acad. Sc., 1881.

(2) STRAUS. — *Le charbon.* Op. cit., p. 146.

haut, nous ne devons pas admettre l'existence dans les cultures de bactériidies atténuées d'une seule bactériдие absolument virulente ; il est facile de se rendre compte en effet, par des ensemencements fractionnés, que les différences individuelles de virulence entre les diverses bactériidies d'une culture atténuée sont beaucoup moins considérables que celle qui sépare la virulence moyenne du vaccin de la virulence du charbon tuant les moutons. Il faut donc qu'à l'action *indéniable* de la sélection naturelle, s'ajoute une autre influence qui lui permette de s'exercer sur une plus vaste échelle. C'est ce qui ressort des expériences de M^{lle} Tsiklinski. Dans ces expériences un *bâtonnet isolé* de vaccin très faible a donné naissance, sur plaque de gélatine, à la colonie employée pour faire les ensemencements comparatifs, ce qui permettait de ne pas tenir compte des différences individuelles pré-existant dans le vaccin étudié. Malgré cela, il y a eu renforcement graduel de virulence par des passages de lapin à lapin, de telle manière que l'on était forcé de conclure que la virulence moyenne de la culture provenant du dernier lapin était *plus grande* que celle de la bactériдие isolée ayant servi de point de départ. La sélection naturelle ne pouvait avoir suffi à produire ce résultat, il fallait qu'une nouvelle variation fût intervenue. C'est cette variation nouvelle

qui nous conduit à la notion de l'adaptation au milieu dans son sens le plus général.

27. Adaptation au milieu. — Tout milieu de culture est forcément hétérogène ; la vie élémentaire manifestée des plastides cultivés suffirait d'ailleurs à le rendre hétérogène. Le milieu animal est infiniment plus hétérogène que tout milieu artificiel, il est donc tout naturel que des variations de divers sens se produisent aux différents endroits d'une culture de bactériodie qui s'y développe. Mais précisément, dans un tel milieu, la bactériodie ne donne pas de spores, de telle sorte qu'aucune des variations ne se trouve fixée à un moment donné à l'état permanent. Ce sont des conditions excellentes pour que la sélection naturelle s'exerce à chaque instant et favorise la multiplication du plus apte au détriment du moins apte, et que, par conséquent, ceux des plastides qui ont subi une variation dans le sens de l'augmentation de virulence deviennent à chaque instant plus nombreux par rapport aux autres. Des conditions chimiques analogues à celles qui sont réalisées dans le sang d'un animal seront réalisées dans le sérum extrait de cet animal, mais l'aptitude à se développer dans le sérum est d'un autre ordre que l'aptitude à se développer dans l'animal ; la lutte avec le milieu est différente dans les deux cas ; dans le second, elle est en rapport direct, par définition

même, avec l'augmentation de virulence, dans le premier, elle ne l'est pas ; aussi, dans le second cas, elle se traduit par une augmentation de virulence ; dans le premier, par des variations que nous ne savons pas constater et qui peuvent correspondre à des virulences différentes...

Tout ce qui précède montre l'extrême complexité de cette question de la variation et en même temps l'utilité immense du principe de Darwin qui nous sert de fil d'Ariane à travers tous ces dédales. Chaque fois qu'il semble en défaut, c'est qu'il y a eu analyse incomplète du phénomène. Reprenons-en un exemple dans la question de l'immunité et du retour à la virulence ; cet exemple nous ne l'emprunterons plus à la bactériidie charbonneuse, mais à un autre bacille pathogène, celui du rouget des porcs.

« Cette maladie n'est pas particulière au porc, et peut aussi se communiquer au pigeon et au lapin ; si on inocule dans les muscles pectoraux d'un pigeon le microbe du rouget pris sur un porc malade ou provenant d'une culture dans du bouillon de veau, le pigeon meurt en six à huit jours.

..... Le sang de ce premier pigeon inoculé à un second, le sang de celui-ci à un troisième et ainsi de suite, la maladie s'acclimate sur le pigeon, le rend plus rapidement malade et som-

nolent, le tue plus vite, et le sang du dernier pigeon, reporté sur le porc, y manifeste une virulence supérieure à celle des produits les plus infectieux d'un porc mort du rouget, même spontané. Il y a donc ici augmentation de la virulence pour le porc en passant à travers le pigeon. Le maximum auquel atteint un virus par un passage sur une race n'est donc pas toujours le maximum pour la race.

Voilà le cas de l'augmentation, voici maintenant le cas d'atténuation sur lequel je veux surtout appeler l'attention.

Remplaçons le pigeon par le lapin dans cette série d'expériences. Le microbe s'acclimate encore sur le lapin. Tous les animaux meurent.

Vient-on à inoculer aux porcs le sang des derniers lapins par comparaison avec celui des premiers de la série, on constate une diminution progressive de la virulence. Bientôt, le sang des lapins, inoculé aux porcs, ne les tue plus⁽¹⁾ »...

Il faut se garder d'attribuer au mot *virulence*, une valeur absolue ; il faut dire, *virulence pour le lapin, virulence pour le pigeon, etc...* Si l'on fait cette réserve, les observations précédentes, loin d'infirmen en quoi que ce soit le principe de la sélection, en sont une démonstration écla-

(1) DUCLAUX. — *Pasteur. Histoire d'un esprit*
p. 382.

tante Il est impossible de trouver une manière plus simple et plus générale d'interpréter les phénomènes biologiques.

**28. Lutte pour l'existence entre des plas-
tides différents. 2° Espèces différentes.** —
Nous avons rencontré un premier exemple de
cette lutte dans le sang charbonneux où la bac-
tériidie se trouve en présence des *globules rouges*
du sang de l'animal. Il se produit là deux phé-
nomènes :

1° Les deux espèces voisines sont avides d'oxy-
gène ; la bactériidie s'empare de celui qui est fixé
à l'hémoglobine du globule rouge ; celui-ci, par
suite, devient noir, couleur caractéristique, on
le sait, du sang d'un animal qui meurt du
charbon.

2° La bactériidie répand dans le milieu une
substance [diastase ? (Pasteur)] qui rend les
globules agglutinatifs⁽¹⁾.

Voilà donc deux phénomènes différents ; lutte
pour les substances Q, action nuisible des subs-
tances R d'une espèce sur l'autre.

De ce dernier ordre sont les phénomènes
d'*antagonisme* décrits entre divers microbes.
C'est ainsi que, par exemple, les substances R
du bacille pyocyanique (bacille du pus bleu)
s'opposent à la vie manifestée de la bactériidie

(1) V. p. 23.

charbonneuse⁽¹⁾. « On peut introduire à profusion dans le sang d'un animal la bactérie charbonneuse sans que celui-ci contracte le charbon. Il suffit qu'au liquide d'inoculation on ait mélangé des bactéries communes » (Pasteur). Cette remarque tient à un fait plus complexe mais est cependant encore un résultat de lutte pour l'existence.

Dans les cas précédents, le mot lutte peut sembler impropre, puisqu'en réalité, il n'y a pas action directe des espèces microbiennes les unes sur les autres, mais bien lutte des plastides avec le milieu et persistance du plus apte. Dans l'observation suivante, non seulement il n'y a plus lutte, mais il y a même avantage pour une espèce à être mélangée à une autre ; il y a néanmoins toujours persistance du plus apte.

Le vibrion septique est *anaérobie*, c'est-à-dire qu'il a sa condition n° 1 en l'absence d'oxygène libre ; au contraire, l'oxygène libre le tue et empêche ses spores de germer. Supposez donc des spores de ce vibrion dans un liquide oxygéné ;

(1) Charrin croit que le bacille pyocyanique nuit également à la bactérie charbonneuse en épuisant les milieux nutritifs (substances Q) (*Maladie pyocyanique*, 1889). Blagovestchensky attribue une importance plus grande à l'action nuisible des substances R (*Sur l'antagonisme entre les bacilles du charbon et ceux du pus bleu*. Ann. Inst. Pasteur IV, 1890).

elles ne germeront pas. Mais si elles sont mélangées à une espèce aérobie comme la bactériidie charbonneuse, elles germeront quand cette dernière espèce aura consommé l'oxygène libre du bouillon. Ici donc l'une des espèces aide l'autre dans sa lutte contre le milieu (associations microbiennes ; bactériothérapie).

Enfin il y a même des espèces pour lesquelles les substances R d'autres espèces jouent le rôle de substances Q. Nous ne faisons que signaler ce cas qui est relativement fréquent (symbiose).

Dans l'étude de la lutte entre les espèces différentes de plastides, il y a un cas plus particulièrement connu ; c'est celui où l'un des plastides est un microbe pathogène, l'autre un élément histologique d'un animal supérieur. Arrêtons-nous-y quelque temps.

29. Sélection naturelle conduisant à l'immunité. — Un animal supérieur est une agglomération d'un très grand nombre de plastides différents baignant dans un milieu commun, le milieu intérieur de l'animal. Nous étudierons ultérieurement la genèse de cette agglomération. Qu'il nous suffise pour le moment de savoir que cette agglomération est comparable à une association microbienne, c'est-à-dire que la vie élémentaire manifestée de quelques-uns de ces plastides ou éléments histologiques dépend des conditions de milieu qui résultent précisément

de la vie élémentaire manifestée des autres éléments de l'association. Il y a dans tout cela une coordination parfaite d'où résulte la vie générale ou vie proprement dite de l'animal supérieur considéré, et qui fait que le milieu intérieur réalise précisément la condition n° 1 pour tous les éléments histologiques de l'animal (en tant que cette condition n° 1 dépend du milieu ⁽¹⁾).

Tous les éléments histologiques assimilent et se multiplient par bipartition d'une manière absolument analogue à ce qui se passe chez la bactériodie charbonneuse ; on peut donc leur appliquer toutes les lois qui, chez la bactériodie charbonneuse, nous ont semblé résulter uniquement de ces deux propriétés.

Or, nous avons considéré jusqu'à présent l'organisme animal comme un simple réactif de la virulence de la bactériodie ; par suite de sa lutte avec ce réactif la bactériodie atténuée s'adapte, s'aguerrit comme on dit souvent (retour à la virulence, v. p. 141). Mais nous devons considérer, dans la bataille, le sort des deux partis en présence — la bactériodie et le milieu — d'autant que, dans le cas considéré, le milieu est lui-même un organisme vivant. C'est cette remarque qui va nous conduire à l'étude de l'immunité.

(1) V. *Théorie nouvelle de la vie*. Chap. XVIII. Théorie des plastides incomplets.

Introduisons des bactériidies dans l'organisme d'un mouton. Il y avait, jusqu'à ce moment, coordination, et, par suite de leur influence réciproque, tous les éléments histologiques trouvaient réalisée dans le milieu intérieur commun la condition n° 1. Voici qu'un nouvel arrivant s'empare de certaines substances Q et déverse dans le milieu intérieur des substances R nouvelles. La coordination est détruite, il y a maladie.

Soient X, Y, Z, trois espèces d'éléments histologiques qui sont particulièrement gênés par l'introduction de la bactériдие. De même que dans les cultures contenant plusieurs espèces de plastides, il y aura lutte pour l'existence entre ces éléments et l'envahisseur. Parmi les plastides de l'espèce X par exemple, il y a des différences individuelles, comme nous l'avons vu pour tous les plastides. Si tous succombent dans la lutte avec la bactériдие, la disparition de tous les éléments d'une espèce détruira la coordination qui régnait; la maladie se terminera par la mort.

Mais si quelques-uns résistent, ce seront naturellement *ceux qui résistent le mieux* ⁽¹⁾ à l'in-

(1) Nous employons avec intention cette expression qui donne au fait énoncé la forme d'une vérité de La Palisse; la sélection naturelle est, en effet, quoiqu'on en ait dit, un principe *évident*.

fluence nuisible de la bactériodie, les plus aptes à lutter contre l'infection parasitaire. Il en sera de même des plastides des espèces Y et Z. Par conséquent, si les circonstances sont telles que la bactériodie soit complètement détruite au cours de la lutte qu'elle livre, dans le milieu intérieur, aux éléments X, Y, Z (guérison de la maladie infectieuse), ceux des plastides X, Y et Z qui auront subsisté seront les plus aptes à lutter contre la bactériodie. Ils se multiplieront ensuite à la condition n° 1, c'est-à-dire que chacun donnera naissance à des plastides identiques à lui suivant la formule :

$$a + Q = \lambda a + R$$

et par conséquent tous les plastides XYZ qui constitueront le corps de l'animal guéri seront plus *aptés* à résister au charbon.

C'est la modification de l'organisme correspondant au retour à la virulence des bactériodies atténuées.

Quand l'animal succombe ce sont les bactériodies les plus virulentes c'est-à-dire les plus aptes à lutter contre X, Y, Z, qui persistent.

Quand l'animal guérit, ce sont les plastides XYZ les plus aptes à lutter contre les bactériodies, qui persistent.

Une bactériodie de virulence exaltée par passage à travers un animal qui a succombé, tuera

plus facilement un autre animal de même espèce, sera mieux armée pour lutter contre ce nouvel hôte et déterminera plus rapidement sa mort.

Un mouton de résistance exaltée par le passage, à son intérieur, de bactériidies qui ont succombé, tuera plus facilement d'autres bactériidies de même espèce, parce que les plastides XYZ qui lui restent sont mieux armés pour lutter contre ces nouveaux parasites et détermineront plus rapidement leur mort. Il n'y aura pas récédive de la maladie.

On pourrait poursuivre plus longtemps le parallélisme entre l'exaltation de virulence d'une bactériidie triomphant d'un animal et l'exaltation de résistance d'un animal ayant triomphé d'une bactériidie. Ce que nous avons dit suffit pour montrer que ces phénomènes sont des conséquences immédiates du principe de Darwin, la sélection naturelle ou persistance du plus apte.

On dit qu'un animal est *réfractaire* à une maladie microbienne ou *doué d'immunité* par rapport à cette maladie, quand le microbe considéré n'est pas *virulent* pour cet animal. On voit donc que les mots *immunité* appliqué à l'animal supérieur et *virulence* appliqué au microbe sont synonymes puisque ces deux expressions indiquent l'une et l'autre que l'être au-

quel elle est appliquée triomphera de l'autre dans la lutte. On pourrait dire que l'organisme du mouton est virulent pour le premier vaccin charbonneux.

Cela posé, on voit qu'un mouton qui aura résisté à une infection charbonneuse et se sera débarrassé de toutes ses bactériidies sera plus apte à se défendre contre une nouvelle infection, sera immunisé par sa première maladie. C'est le principe des vaccinations qui, entre les mains de M. Pasteur, a donné des résultats si merveilleux et fait faire de si immenses progrès à la médecine.

Mais, en vertu de la variabilité, le résultat de la vaccination ne sera pas d'une durée illimitée ; tant qu'il y avait des bactériidies dans l'organisme, la lutte pour l'existence déterminait le tri, la sélection naturelle des plastides X, Y, Z, les plus résistants par rapport à l'infection charbonneuse. Dès qu'il n'y aura plus de bactériidies, comme l'aptitude à lutter contre cette espèce microbienne peut être tout à fait différente de l'aptitude à lutter contre les autres cellules de l'organisme, la variation de ces éléments X, Y, Z, dirigée par une sélection d'un autre ordre ou laissée sans sélection, détruira petit à petit les effets de la vaccination ; l'immunité disparaîtra petit à petit.

Cette disparition progressive de l'immunité

est parallèle à la diminution de virulence d'une culture transportée de bouillon en bouillon plusieurs fois de suite ; l'aptitude à se développer dans le bouillon étant d'un autre ordre que l'aptitude à se développer dans un mouton, la sélection qui proviendra de la culture en bouillon sera toute différente de celle qui provient du passage sur un mouton ⁽¹⁾ ; les variations pourront s'accumuler dans un sens tout différent ; la culture pourra perdre petit à petit sa virulence. Elle la récupérera si une nouvelle sélection est opérée par le passage à travers un nouveau mouton. De même, le mouton qui aura perdu son immunité la retrouvera si une nouvelle injection de vaccin détermine une nouvelle sélection des plastides XYZ les plus résistants au charbon.

30. Immunité naturelle par sélection. — Si une espèce animale est sans cesse soumise à des inoculations de bactéries charbonneuses, elle

(1) Que des conditions différentes déterminent des sélections dans des sens différents, nous en avons eu un exemple dans le cas étudié plus haut, du rouget du porc. En passant à travers le porc, il subit une sélection qui exalte sa virulence pour le porc. En passant à travers le pigeon, il subit une sélection qui exalte sa virulence pour le pigeon et pour le porc. En passant à travers le lapin, il subit une sélection qui augmente sa virulence pour le lapin, *mais la diminue pour le porc* (v. p. 147).

pourra devenir absolument réfractaire à la maladie correspondante et l'ensemble de son organisation pourra être modifié par rapport à cette maladie au point que cette modification devienne héréditaire. Nous ne pouvons nous étendre ici sur des phénomènes aussi complexes que l'hérédité, phénomènes que nous n'étudierons que plus tard à propos des métazoaires, mais on peut signaler néanmoins comme exemple d'immunité naturelle probablement due à la sélection, que les bêtes carnassières des pays à charbon sont naturellement réfractaires à cette maladie, ce qui provient sans doute de la fréquence des repas que font ces animaux, des cadavres d'herbivores morts du charbon.

Ou bien, cela provient peut-être d'une sélection encore plus directe ; il y avait peut-être d'autres espèces de fauves dans nos pays ; ont résisté seules celles qui étaient naturellement réfractaires au charbon ; les autres ont entièrement disparu par l'influence de la maladie(??)...

L'étude du mécanisme de l'immunité passive les savants depuis de longues années. Nous n'avons eu besoin de rien préciser pour établir que, indépendamment des détails de mécanisme, cette particularité remarquable est une conséquence de la sélection naturelle.

Plusieurs microbiologistes ont invoqué des

actions purement chimiques, des adaptations au milieu, etc., etc. M. Metchnikoff a introduit dans la science une idée nouvelle extrêmement féconde, celle de la phagocytose. L'un des éléments X, Y, Z, que nous avons fait intervenir dans l'établissement de l'immunité par sélection naturelle serait un élément migrateur ou *phagocyte* qui lutterait *effectivement* avec les bactéries en les *mangeant*.

Cette expression *manger*, nous la retrouvons désormais chez tous les animaux supérieurs, l'étude de la bactériodie ne nous a pas encore appris ce qu'elle veut dire ; nous allons l'étudier chez les êtres les plus inférieurs auxquels elle soit applicable. Nous trouverons en même temps chez ces êtres monoplastidaires un moyen d'étudier la structure hétérogène des plastides, grâce à leurs dimensions considérables.

Le plastide que nous choisissons pour cette étude, nous l'avons étudié nous-même dans les étangs de la Dombes près de Lyon ; nous le décrirons dans le prochain chapitre.

Avant d'y arriver, il convient de faire remarquer que l'étude de la seule bactériodie charbonneuse nous a conduits à découvrir les trois lois les plus importantes de la biologie générale : l'assimilation ou multiplication ; la variation ; la persistance du plus apte ou sélection natu-

relle (1). Nous retrouverons ces trois principes à chaque pas dans l'étude des êtres vivants.

(1) En appliquant le principe de la sélection naturelle à la lutte *entre eux* des plastides constituant un métazoaire à voie de développement, comme nous l'avons fait pour X, Y, Z et la bactériodie, nous nous expliquerons beaucoup de questions obscures de l'embryologie. Le principe de Darwin domine toutes les sciences biologiques.

APPENDICE

--

ÉTUDE DE GROMIA FLUVIATILIS (DUJARDIN)

—

CHAPITRE XII

—

STRUCTURE

Le type dont nous allons faire l'étude dans cet appendice, nous apprendra surtout la structure d'un plastide *hétérogène* et les propriétés différentes de ses diverses parties constituantes, toutes choses que les dimensions exigües de la bactériodie charbonneuse ne nous permettaient pas de découvrir. Les phénomènes que nous allons passer en revue sont moins généraux que ceux dont nous avons acquis la notion au cours des chapitres précédents, mais intéressent néanmoins un grand nombre d'êtres vivants.

La gromie que nous prenons comme type existait en grande abondance au mois d'oc-

tobre 1894 dans l'étang de la Dombes appelé *grand Glareins*, au nord de Lyon (1). C'est un plastide de dimensions colossales par rapport à celles de la bactériidie charbonneuse ; près d'un dixième de millimètre dans tous les sens.

Indépendamment d'une coque (substances R), la gromie se compose de deux parties distinctes : une masse sphérique centrale ou *noyau* baignant dans une masse visqueuse périphérique appelée *protoplasma* ou *sarcode*. Les expériences de mérotomie nous apprendront que le noyau et le protoplasma sont formés de substances plastiques.

A l'état de rétraction le protoplasma contenant le noyau est contenu dans une coque ovoïde portant à l'un de ses pôles une ouverture circu-

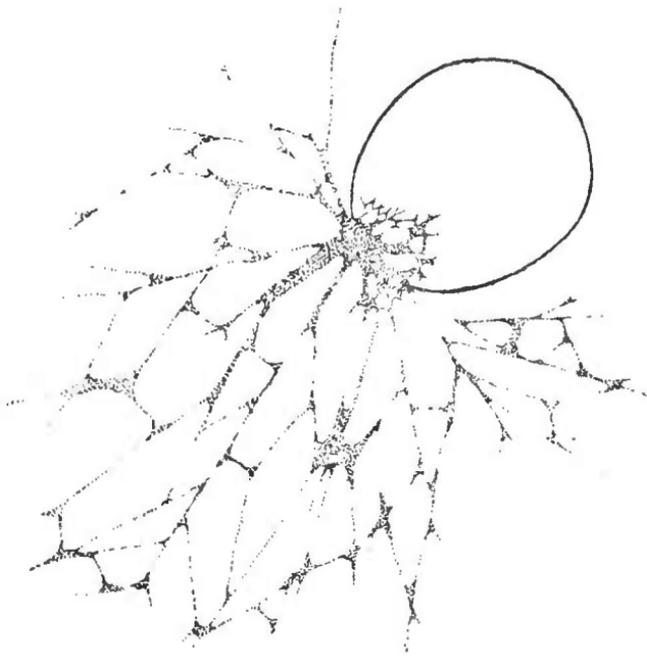
(1) F. LE DANTEC. — *Études biologiques comparatives sur les Rhizopodes lobés et réticulés d'eau douce*. Bull. Sc. de la France et de la Belgique, 1895.

Tous les phénomènes que nous avons étudiés à propos de la bactériidie charbonneuse sont définitivement établis par les travaux d'un très grand nombre d'expérimentateurs. Aussi, doit on les exposer comme des conquêtes définitives de la science, admises par tous sans contestation. Il n'en est pas de même pour le sujet de cet appendice ; nous devons donc y employer un autre mode d'exposition, celui d'un mémoire où tous les faits sont discutés à mesure qu'ils sont observés.

Cette méthode d'exposition contribuera d'ailleurs à mettre en évidence les avantages du langage chimique sur le langage aujourd'hui employé en biologie.

laire par laquelle sort, à l'état d'extension, un

Fig. 5

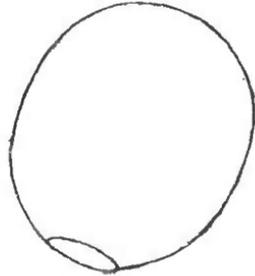


riche réseau de pseudopodes composés de substance protoplasmique (*fig. 5*). Le noyau reste toujours à l'intérieur de la coque.

Les réactions de la vie élémentaire manifestée déterminent des mouvements protoplasmiques que nous étudierons tout à l'heure.

Si l'on veut préparer la coque seule il suffit de traiter la gromie par de l'acide acétique. On voit alors l'aspect présenté par la *fig. 6*.

Fig. 6



32. Constitution des pseudopodes et phénomènes intra-protoplasmiques. —

Une gromie que l'on vient de porter dans une goutte d'eau sur le porte-objet du microscope présente toujours d'abord une ouverture bouchée par un épais tampon de protoplasma contracté, mais au bout de très peu de temps, on voit sortir de cette masse des pseudopodes ⁽¹⁾ fins et souples qui oscillent au gré des mouvements de l'eau avant d'arriver à adhérer au porte-objet ; une fois cette adhérence réalisée, et elle semble avoir lieu très facilement dès qu'il y a contact, la croissance est relativement rapide et se produit d'une façon qu'il est intéressant de signaler. Le pseudopode semble fort aplati à la surface du verre, et son épaisseur est en général assez minime par rapport à sa largeur qui n'est d'ailleurs pas grande. Si l'on observe avec un très fort grossissement, vers le milieu de sa longueur, un pseudopode en voie de croissance on constate que les granulations protoplasmiques qui s'y trouvent ne se comportent pas toutes de la même façon. Dans l'axe du filament toutes les granulations sont entraînées avec une vitesse relativement très grande, tandis que sur les bords elles semblent stationnaires, formant de part et d'autre deux rangées parallèles fixes

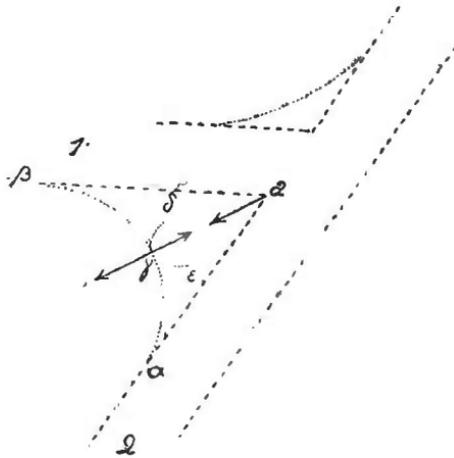
(1) Prolongements de la masse protoplasmique.

qui déterminent le contour apparent du filament. La vitesse décroît de l'axe aux bords ; il semble même qu'il y ait au voisinage de ceux-ci un contre-courant peu rapide. L'allongement du pseudopode se produit par l'addition, à la suite de deux rangées latérales, de nouvelles granulations fixes, entre lesquelles se continue le courant protoplasmique, qui continue lui-même à laisser à droite et à gauche des séries de granulations nouvelles, limitant le prolongement de son cours. Le phénomène se poursuit ainsi jusqu'à l'extension complète du pseudopode ; il ressemble à s'y méprendre, à l'écoulement, à la surface d'une plaque de verre *et dans le sein d'une eau tranquille*, d'un courant d'une eau très chargée de poussières. On distingue si difficilement de l'eau ambiante par sa réfrangibilité, le liquide dans lequel baignent les granulations protoplasmiques de la gromie, que l'on croit voir, nous le répétons, un courant entraînant des poussières baignées dans l'eau et non un courant d'un liquide différent contenant les granulations ; si ces granulations n'existaient pas, on ne verrait pas le réseau, à moins d'une attention extraordinaire.

Le filament une fois établi, on continue à observer dans son intérieur soit un courant centrifuge, soit un courant centripète, soit les deux à la fois.

Quand un pseudopode qui s'allonge rencontre dans son allongement un autre pseudopode déjà adhérent au verre, il s'y jette à plein canal, comme un ruisseau dans un autre ruisseau. Ces rencontres peuvent se produire sous des angles très divers dans *G. Fluvialis* quoique le plus souvent ces angles soient aigus. Un phénomène spécial se produit au confluent ; il cesse d'y avoir un angle en ce point, les contours

Fig. 7



s'arrondissent, il y a *palmure* (DUJARDIN) c'est-à-dire que les contours apparents des deux pseudopodes, au lieu de se couper, s'unissent suivant une ligne courbe concave vers l'extérieur ($\beta\gamma z$, fig. 7), laquelle ligne courbe s'écarte quelquefois assez du point géométrique de jonction (a), pour donner naissance à un triangle curviligne de dimensions notables.

Si plusieurs pseudopodes viennent ainsi se rencontrer en des points voisins, on verra se former une surface plus ou moins large, une palmure ayant pour contour un polygone dont les côtés sont curvilignes et concaves vers l'extérieur.

Quelque faible que soit la tension superficielle au contact du liquide plasmique et de l'eau (et nous verrons tout à l'heure qu'elle est très faible) elle suffit à donner l'explication de ce phénomène. Au point a , en effet, des deux rayons de courbure de la surface de séparation mesurés sur les courbes obtenues en coupant cette surface par le plan horizontal et par un plan vertical passant par la normale, l'un, le premier, serait nul, l'autre aurait une dimension déterminée et non nulle. Or, la pression normale due à la tension superficielle en a est :

$$p = \alpha \left(\frac{1}{R} + \frac{1}{R'} \right)$$

quantité qui serait infinie si R était nul, R' ne l'étant pas.

C'est cette pression infinie qui, si nous osons nous exprimer ainsi, tire sur la surface $\beta\alpha x$ de façon à lui donner la forme $\beta\gamma x$.

La pression en γ sera

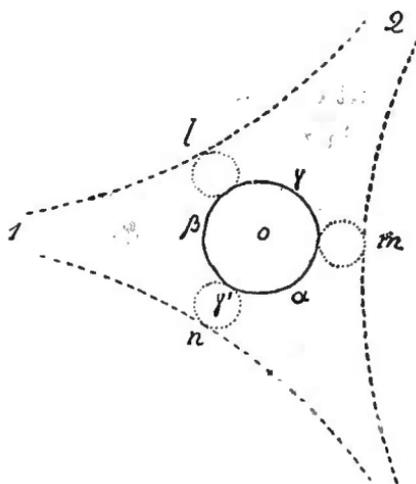
$$p = \alpha \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{R'} \right)$$

R étant le rayon de courbure en γ de la courbe $\beta\gamma\alpha$, R' le rayon de la courbe obtenue en coupant la surface par un plan vertical normal, courbe convexe vers l'extérieur que nous représenterons rabattue sur l'horizon en $\delta\gamma\varepsilon$.

Pour que l'équilibre existe, il faudra que p contrebalance la différence de pression qui existe entre l'eau et le protoplasma, par suite de l'existence des courants dans ce dernier par exemple.

Supposons maintenant qu'un troisième pseudo-

Fig. 8



dopode, une branche partie de 1 au-dessous de β , par exemple, vienne se jeter dans 2 un peu au-dessous du point α ; la courbe $\beta\gamma\alpha$ pourra se fermer et devenir circulaire $\beta\gamma\alpha\gamma'$ (fig. 8).

On aura alors en o , un espace extérieur au protoplasma et limité par un tore.

Pour le faire mieux comprendre, nous représenterons rabattues en lmn les sections des trois pseudopodes qui ont concouru à la formation de la figure. Ce phénomène se rencontre très sou-

vent dans les palmures polygonales dont nous avons parlé plus haut ; ce n'est pas une *vacuole* ; c'est un espace qui fait partie de l'espace extérieur et est avec lui en large continuité. Autrement dit, c'est une maille du réseau, mais petite et à contour circulaire.

DUJARDIN et plusieurs auteurs plus récents ont décrit des vacuoles dans les palmures des réticulés, sans doute sans attacher à ce mot une grande importance ; le mot *vacuole* ayant actuellement un sens bien défini ⁽¹⁾, celui d'espace intra-protoplasmique, creusé dans l'intérieur d'une masse protoplasmique et complètement séparé par elle de l'espace extérieur, il est nécessaire d'éviter la confusion qui pourrait se produire ici.

L'espace circulaire *o* n'est pas une vacuole, c'est un véritable trou, un véritable jour percé à travers la plaque protoplasmique étalée sur le porte-objet.

Quand on a observé un grand nombre de fois les phénomènes que nous venons de décrire, on demeure convaincu qu'il est absolument invraisemblable d'admettre chez les gromies des différenciations organiques à celles qui ont été décrites chez certaines amibes et surtout chez les

(1) LE DANTEC. — *Digestion intracellulaire chez les Protozoaires*. Thèse de Paris, 1891.

infusoires ; il semble impossible d'admettre qu'il y ait là, dans ces pseudopodes qui peuvent ainsi s'anastomoser et prendre des formes si variées suivant le hasard de leur rencontre, autre chose que le sarcode de DUJARDIN.

33. -- Nous avons dit plus haut que la tension superficielle au contact de l'eau et du protoplasma de la gromie doit être extrêmement faible.

Nous n'en voulons pour preuve que la très grande facilité avec laquelle les corps étrangers suspendus dans l'eau et amenés par le hasard au voisinage d'un pseudopode, viennent *en contact* avec lui et y *adhèrent*. C'est ce qui arrive par exemple pour des grains de carmin ajoutés à l'eau de la préparation.

Un de ces grains, *qui est mouillé par l'eau*, resterait séparé par une mince couche d'eau d'une goutte d'un liquide quelconque, placée dans l'eau près de lui, mais séparée elle-même de l'eau par une forte tension superficielle.

Au contraire, un grain de carmin pourra très facilement toucher un filament de gromie étalé sur le porte-objet et adhérer à ce filament, avec la même facilité que manifestent deux de ces filaments à s'anastomoser entre eux.

Pour bien faire comprendre cette différence, nous faisons la comparaison suivante : imaginons dans un verre une eau absolument tran-

quille mais bleuie au fond du verre et incolore à sa surface ; un grain suspendu dans l'eau incolore sera mouillé par l'eau incolore ; s'il arrive dans l'eau bleuie, il sera immédiatement mouillé par l'eau bleuie ; au contraire si, mouillé par de l'eau, il arrive au voisinage d'une surface de séparation de cette eau et d'une goutte d'huile, il restera mouillé par l'eau et ne touchera pas l'huile, séparé qu'il en sera par la mince couche d'eau restée adhérente autour de lui. Si une force quelconque le fait pénétrer dans l'huile il y pénétrera avec sa goutte d'eau et ne touchera pas l'huile ; *il sera dans une vacuole aqueuse au milieu de l'huile.*

Nous ne voulons pas dire que le plasma d'une gromie est aussi peu séparé de l'eau ambiante que l'est l'eau bleuie dont nous venons de parler, mais il en est certainement très peu séparé et c'est sur cette faible tension superficielle qu'il faut insister.

C'est à elle encore qu'est due la grande facilité avec laquelle les pseudopodes de la gromie adhèrent au porte-objet préalablement mouillé par l'eau.

34. — Une fois le réseau des pseudopodes établi, l'ensemble de l'animal se déplace quelquefois mais fort lentement, dans la direction du maximum d'extension des pseudopodes. Chacun des filaments du réseau est le siège de courants

variables ; mais il arrive très souvent que sur le trajet d'un filament une cause extérieure quelconque s'oppose à l'écoulement protoplasmique.

Il se fait alors en ce point une accumulation de sarcode, une varice plus large et plus épaisse que le reste du filament ; le filament prend ainsi un caractère nouveau décrit par DUJARDIN. Une boursouffure de cet ordre se produit toujours à l'extrémité d'un pseudopode quand ce pseudopode se rétracte, c'est-à-dire quand sa substance est ramenée vers la coque par une force inconnue.

Dans ces parties épaissies des pseudopodes, on observe avec la plus grande évidence à un fort grossissement que les granulations réfringentes du protoplasma *forment elles-mêmes le contour apparent*, ou tout au moins suivent exactement le contour apparent du pseudopode, qu'elles rendent même quelquefois irrégulier en faisant saillie vers l'extérieur.

35. Addition. — Ce sont surtout les petits animaux qui, se mouvant avec rapidité dans le liquide, viennent se prendre au réseau de la gromie comme des mouches à une toile d'araignée et y restent adhérents ; l'alimentation ⁽¹⁾ est donc purement passive.

(1) Le mot *alimentation* est un mot emprunté à la physiologie des êtres supérieurs ; *addition* vaut mieux.

Quand un corps solide adhère à un filament du réseau, il produit une gêne dans les courants, et ainsi se forme naturellement au point même où il se trouve, une accumulation de substance sarcodique, un nœud, une varice dans laquelle il est bientôt complètement englobé ; il est ensuite traité comme une granulation du pseudopode.

Si le corps solide est de grandes dimensions, si c'est une grande diatomée par exemple, plusieurs pseudopodes concourent en général à le saisir et il se trouve, au bout de quelque temps, au milieu d'une de ces plaques protoplasmiques ayant un contour polygonal curviligne dont j'ai parlé plus haut.

La traction que subissent ces plaques, déformées et arrondies après l'ingestion, vers l'intérieur de la coque est assez lente pour qu'on puisse à loisir observer les ingesta et les parties protoplasmiques qui les entourent ; la lenteur de ce mouvement est peut-être due en partie à l'adhérence au porte-objet. Nous avons fait souvent et à de très forts grossissements, des observations analogues ; *jamais nous n'avons réussi à distinguer autour de l'objet ingéré rien qui ressemblât au contour d'une vacuole aqueuse.*

Nous admettons dès maintenant *qu'il n'y a pas de vacuole* autour de l'objet ingéré, fait que d'autres phénomènes nous ont d'ailleurs irréf-

tablement prouvé⁽¹⁾, et qui est tout à fait en rapport avec la façon dont se passe l'acte de l'ingestion.

Dès le début, le corps solide étranger *adhère* au protoplasma ; une partie de lui est plongée dans la substance du pseudopode, est baignée, *mouillée* par elle, tandis que le reste est mouillé par l'eau. L'accumulation de sarcode produite par la présence même d'un corps étranger dans le courant pseudopodique, envahit peu à peu ce corps tout entier, qui se trouve ainsi plongé *directement* dans le plasma ; il s'est donc produit chez la gromie une absorption⁽²⁾ directe, une addition directe de parties nouvelles au protoplasma *sans digestion préalable*.

Des diatomées capturées vivantes et pleines de sarcode, sont *rejetées* sous forme de membranes vides ; elles ont perdu tout leur contenu primitif après avoir passé un temps plus ou moins long dans le sarcode intérieur à la coque.

Le plasma de ces diatomées est un liquide analogue comme consistance à celui de la gromie ; puisque les conditions de l'ingestion sont telles qu'il y a immédiatement contact direct entre les ingesta et le sarcode extérieur, pour-

(1) *Études biologiques comparatives. Op. cit.*

(2) Le mot *absorption* est défectueux parce qu'il est emprunté à la physiologie des êtres supérieurs.

quoi s'embarrasser des notions plus compliquées qui résultent de l'étude de cas plus compliqués et ne pas admettre qu'il peut y avoir absorption directe par le sarcode d'un liquide miscible avec lui? Chez une amibe l'absorption directe ne peut pas se faire parce que le sarcode n'est en contact *qu'avec de l'eau* ⁽¹⁾; la digestion transforme cette eau en une solution de substances albuminoïdes qui se trouve alors, par rapport à l'être ambiant, dans les mêmes conditions que le contenu de la diatomée par rapport à la gromie qui l'a ingérée. Pourquoi procéder du plus compliqué au plus simple et ne pas admettre qu'à la faveur du contact direct le protoplasma de la Diatomée peut s'ajouter à celui de la Gromie et à partir de ce moment participer aux réactions vitales de l'ensemble de ce protoplasma? Quelle raison avons-nous de penser, à cause de ce que nous savons d'être plus élevés en organisation, à une action chimique préalable à l'absorption?

Quand on observe un acinétiën qui suce un infusoire, on voit couler directement par le tube suceur, *dans le plasma de l'acinétiën*, le plasma de la victime. L'addition de ce plasma est immédiatement utile à l'acinétiën qui grossit à vue d'œil et peut même grossir très vite

(1) *Digestion intra-cellulaire. Op. cit.*

s'il suce plusieurs infusoires à la fois. Dans ce cas extrêmement simple, il est dangereux d'employer la terminologie ordinaire ; les mots de nutrition, d'absorption, font instinctivement songer à des êtres plus compliqués et, par suite, à des digestions et autres phénomènes corrélatifs.

Ici nous constatons seulement l'*addition* à un liquide chargé de granulations, d'un autre liquide chargé de granulations *qui est miscible avec lui* et qui se trouve par le fait même de son contact avec lui, mélangé à lui. A partir de ce moment il participe à l'ensemble des réactions vitales et est assimilé petit à petit.

Une substance liquide, ajoutée au protoplasma et miscible avec lui, doit être considérée immédiatement comme faisant corps avec ce protoplasma (mais nous verrons qu'elle est ensuite transformée en substances plastiques).

Quand un infusoire est pris au réseau pseudopodique d'une gromie, il se trouve rapidement englobé dans le sarcode et il y continue quelquefois assez longtemps ses mouvements. Il nage, se déplace *dans le sarcode*, comme il nagerait dans une eau un peu plus visqueuse que l'eau ordinaire. Quelquefois il arrive à sortir de ce milieu et à retourner dans l'eau ambiante ; généralement ses mouvements décroissent d'intensité et finissent par s'arrêter

tout à fait ; il conserve à peu près sa forme pendant quelque temps ; s'il a un tégument solide comme les coleps, par exemple, on continue à toujours voir ce tégument qui est rejeté sans avoir été modifié. Mais son sarcode est absorbé et se mélange au sarcode de la gromie ; si l'animal est peu résistant, comme un *stylonychia*, il diffue complètement dans le sarcode comme il l'eût fait dans l'eau après sa mort. Ici encore il me semble qu'on doit admettre une addition directe de substance à la substance de la gromie (sans préjudice de l'assimilation ultérieure).

La conclusion de toutes ces observations est qu'il y a nutrition directe de la gromie, c'est-à-dire addition à sa substance de substance nouvelle sans aucun phénomène chimique dissolvant préalable ; une dissolution devient inutile du moment qu'il s'agit d'un liquide qui touche un autre liquide et est miscible avec lui.

36. — De ce que la nutrition par addition est évidente, dans le cas où il s'agit d'ingesta protoplasmiques liquides et miscibles avec la substance de l'hôte, il ne faut pas conclure que ce mode de nutrition est seul possible pour la gromie. Comme tout liquide, le plasma de cet animal est susceptible de dissoudre un certain nombre de substances, et, naturellement, toute substance qui sera dissoute dans l'intérieur de

la masse plasmique, sera, par le fait même de sa dissolution, incorporée à cette masse, il aura à la fois *digestion* et *absorption*.

C'est ainsi que des grains d'amidon, de pommes de terre ingérés, sont rejetés au bout d'un temps plus ou moins long, mais diminués, crevassés, modifiés, et ayant perdu leur biréfringence ; il est donc certain que le plasma n'est pas sans influence dissolvante sur eux.

C'est aussi à cette action dissolvante que l'on doit attribuer la digestion des parties tégumentaires des infusoires ciliés, quand ils cessent d'être visibles après un séjour assez long dans la gromie, et ne sont pas rejetés comme ceux des *coleps*. Mais la partie importante de la nutrition par ingestion d'infusoires, a lieu sans digestion préalable.

De tout ce qui précède il résulte que :

1^o Des substances protoplasmiques ingérées par une gromie peuvent être directement ajoutées à la masse sarcodique de l'être.

2^o Le sarcode des gromies est capable de dissoudre certaines substances solides, les parties tégumentaires de certains infusoires et de grains d'amidon.

CHAPITRE XIII

—

EXPÉRIENCES DE MÉROTOMIE SUR GROMIA FLUVIATILIS (DUJ.)

37. — M. BALBIANI ⁽¹⁾ a défini la mérotomie :
« l'opération qui consiste à retrancher d'un
organisme vivant une portion plus ou moins
considérable dans le but d'étudier les modi-
fications anatomiques ou physiologiques qui
surviennent dans la partie séparée du corps »

En ce qui concerne les réticulés, DUJARDIN
est le premier qui ait signalé la possibilité,
pour des parties détachées de la masse sarco-
dique, de continuer à vivre quelque temps ⁽²⁾.
« En écrasant avec précaution le test d'une
« miliole on voit des lambeaux encore vivants
« de la matière animale se contracter isolément

⁽¹⁾ *Recherches expérimentales sur la Mérotomie des Infusoires ciliés*. Recueil zool. Suisse, t. V.

⁽²⁾ DUJARDIN. — *Sur les organismes inférieurs*. Ann. sc. nat. 1835, t. IV, p. 351.

« puis émettre de nouveaux filaments comme
« s'ils étaient devenus des centres partiels d'or-
« ganisation ». Cet auteur considère même, à
tort, ce phénomène comme un procédé possible
de reproduction pour les Rhizopodes.

CLAPARÈDE et LACHMANN⁽¹⁾ rapportent dans leur
étude sur *Lieberkuhnia Wageneri* une obser-
vation qui, poursuivie un peu plus longtemps,
eût été du plus grand intérêt à cause de l'orga-
nisation très simple de cette espèce : « Nous
« avons vu un gros infusoire (*Stentor poly-*
« *morphus*) être capturé par les pseudopodes
« dont il s'était imprudemment approché. Les
« pseudopodes s'étalèrent autour de lui en se
« fondant les uns avec les autres de manière à
« l'emprisonner dans une enveloppe glaireuse.
« Toutefois, le rhizopode ne réussit pas à
« l'amener jusqu'à lui ; il retira ses pseudopodes
« en abandonnant sa proie et la partie de sa
« propre substance qui avait servi à la cap-
« turer ». Tout ce que nous savons de cette *Lie-*
berkuhnia fait pressentir que c'est un des êtres
les plus inférieurs parmi les protozoaires,
puisque les observateurs précités n'ont pas pu
y voir de noyau, et qu'elle n'a pas plus que les
gromia de vésicule contractile. Elle n'a pas

(1) CLAPARÈDE et LACHMANN. — *Études sur les Infu-*
soires et les Rhizopodes. Genève, 1868, p. 464.

été retrouvée depuis ; il est donc fort regrettable que CLAPARÈDE et LACHMANN, n'aient pas suivi plus loin le sort de cette partie isolée du protoplasma. La comparaison du résultat de cette mérotomie accidentelle avec ceux des expériences faites depuis sur des êtres plus élevés en organisation eût été très intéressante.

Pour l'historique complet de ces expériences, nous renvoyons le lecteur au mémoire de M. BALBIANI ⁽¹⁾ sur la mérotomie, et surtout à la suite de ce mémoire ⁽²⁾ dans laquelle il rend compte des très remarquables résultats de M. VERWORN ⁽³⁾ sur divers radiolaires et foraminifères marins. Rappelons seulement ici les conclusions de M. VERWORN qui ont trait aux phénomènes digestifs : « D'une façon générale, « les masses sarcodiques dépourvues de noyau « meurent toutes au bout d'un temps plus ou « moins long, quelle que soit leur grandeur,

⁽¹⁾ BALBIANI. — *Recherches expérimentales sur la Mérotomie des Infusoires ciliés*. Recueil zool. Suisse, t. V

⁽²⁾ BALBIANI. — *Nouvelles recherches expérimentales sur la Mérotomie des Infusoires ciliés*. Annales de micrographie, 1892.

⁽³⁾ M. VERWORN. — 1. *Biologische Protisten Studien*, Zeitsch. f. Wiss. Zool., 46, 1888. — 2. *Psychophysiologische Protisten Studien*. Iéna, 1889. — 3. *Die physiologische Bedeutung des Zellkerns*. Archiv. f. die. gesam. Physiologie. t. LI, 1891.

« tandis que celles qui ont encore un noyau
 « se régénèrent et vivent comme des cellules
 « normales. Les masses dépourvues de noyau
 « peuvent encore étendre des pseudopodes et
 « englober des proies, même des proies vi-
 « vantes, infusoires, crustacés, etc... Quelques-
 « unes de ces proies parviennent à se dégager
 « au prix d'efforts considérables, mais celles
 « qui n'y réussissent pas sont tuées et semblent
 « subir un commencement de digestion ; ainsi,
 « des infusoires ingérés pouvaient prendre une
 « forme à peu près sphérique, mais leur con-
 « tour restait très net. Jamais l'auteur, même
 « en suivant le sort des ingesta jusqu'à la mort
 « de la masse englobante, n'a vu ces ingesta être
 « réduits en bouillie ainsi qu'il l'a observé fré-
 « quemment chez des êtres entiers de la même
 « espèce ».

M. VERWORN rapporte cette absence de diges-
 tion à l'impossibilité dans laquelle se trouve le
 protoplasma énucléé de *sécréter un suc digestif*,
 de même qu'il est incapable de sécréter une
 coque ou une membrane quelconque.

38. — Les expériences de mérotomie que nous
 avons faites nous-même sur *gromia fluviatilis*
 DUJ. n'avaient d'autre but d'abord que de nous
 permettre d'étudier les phénomènes digestifs en
 dehors de la coque, l'action digestive du proto-
 plasma.

Pour cela, nous profitons du moment où un corps étranger, algue ou infusoire, venait d'adhérer au réseau pseudopodique pour détacher par une section nette du reste de l'animal la partie du réseau qui portait le corps étranger ; nous pouvions ainsi, en dirigeant notre incision d'une façon variable, isoler suivant les cas des masses sarcodiques de volumes différents. Nous avons observé sur ces masses isolées des phénomènes dont les uns sont identiques, les autres analogues à ceux que M. VERWORN a décrits chez les réticulés marins.

Après la section, la partie isolée se contracte de façon à acquérir la forme non pas d'une boule mais d'une *plaque* à contour plus ou moins exactement circulaire ou elliptique. Au bout de très peu de temps, elle recommence à émettre des pseudopodes qui s'anastomosent et forment un réseau tout à fait analogue à celui de la gromie nucléée. L'ensemble de la partie isolée ressemble alors à une de ces grandes plaques polygonales que nous avons vu se produire par suite de la coalescence

Fig. 9



d'un grand nombre de pseudopodes chez la gromie intacte (*fig. 9 b*).

M. VERWORN décrit quelque chose d'analogue pour une partie isolée du sarcode intracapsulaire de *Thalassicolla nucleata*, mais il donne une description et une figure différentes pour ce qui semblait devoir s'en rapprocher davantage, savoir une masse pseudopodique isolée d'un foraminifère : *Orbitolites complanatus*. Dans ce dernier cas, en effet, c'est plutôt une masse *sphérique* irrégulière qui se produit par contraction, et ensuite, quand les pseudopodes se forment à nouveau, ils paraissent rayonner autour d'une sphère à contour *distinct* et dont la substance ne se prolonge pas insensiblement en eux. Il nous semble que cette différence serait en faveur de l'hypothèse que le protoplasma de la gromie est moins séparé de l'eau que celui de l'orbitolites.

Cette masse énucléée rappelle pendant quelque temps un être vivant complet qui fait songer instinctivement au *Protogenes porrecta* de M. SCHULTZE ; mais bientôt apparaissent les phénomènes de dégénérescence si bien décrits par M. VERWORN pour le sarcode intracapsulaire de *Thalassicolla nucleata* ; chaque filament de réseau pseudopodique se trouve remplacé par une série de guttules ou plus exactement de petites plaques protoplasmiques isolées et il

y a une plaque un peu plus grande au centre. Le laps de temps nécessaire pour que cette dégénérescence ait lieu est assez variable avec les circonstances mais il est généralement assez court, deux heures au minimum, mais quatre et demie à cinq heures au maximum. Les chiffres donnés par M. VERWORN sont notablement plus faibles, ce qui tendrait encore à faire croire à l'infériorité d'organisation de la gromie par rapport aux types marins.

Les substances ingérées primitivement subissent dans ces masses énucléées un certain nombre de modifications, sur lesquelles nous allons nous étendre quelques instants, mais d'autres infusoires peuvent aussi venir adhérer au réseau pseudopodique après l'incision, et quand il y a peu de temps que cette incision est faite, le phénomène d'ingestion est *identique* de point en point à celui que l'on observe chez les gromies nucléées.

Au bout d'un temps plus ou moins long de séjour intraprotoplasmique, les infusoires ingérés sont immobilisés, tués, et leur plasma s'ajoute à celui de la masse ambiante. Nous avons vu des pièces squelettiques de coleps, qui semblaient tout à fait vides au bout de très peu de temps. Quant aux téguments, plus solides que le plasma, qui paraissaient se dissoudre à la longue dans la Gromie nucléée, comme les té-

guments d'une Paramécie par exemple, ils ne semblent pas modifiés ; il est vrai que nous ne savons pas au bout de combien de temps la dissolution de ces parties était complète puisque les ingesta se trouvaient à l'abri de l'observation dans la coque ; il est possible que le séjour d'une proie de cette nature dans le sarcode, pendant le temps qui s'écoule entre l'incision et la *mort* ⁽¹⁾ de la partie isolée, soit insuffisant pour que cette dissolution s'achève : on ne peut donc guère tirer de conclusion de ce fait.

Des grains d'amidon qui ont séjourné pendant toute la période de survie, dans les masses isolées, ont perdu leur biréfringence mais n'ont pas montré ces crevassements et cette diminution de volume que nous avons constatée après un séjour plus long chez les gromies nucléées.

Comme nous l'avons fait remarquer plus haut, on ne peut considérer que chez les êtres dont nous nous occupons, les phénomènes de digestion, de dissolution, soient précédés d'une *sécrétion* puisqu'il n'y a pas de vacuole. On ne peut attribuer ces phénomènes qu'à l'action dissolvante propre du plasma dans lequel baignent les ingesta. Nous ne voyons donc pas comment l'absence de digestions aussi complètes que chez l'être nucléé pourrait faire admettre la manière de voir

(1) Mort élémentaire.

de M. VERWORN, que le noyau *influe sur les sécrétions digestives*.

La seule conclusion que nous puissions tirer des faits précédents est, pour le moment, soit que le séjour des ingesta à l'intérieur de la masse énucléée est trop court pour permettre à une dissolution complète d'avoir lieu, soit *que la composition de la masse sarcodique isolée ne reste pas constante* (1) après qu'elle a cessé d'être soumise à l'influence du noyau, et que le liquide qui la constitue au bout de quelque temps ne jouit plus des propriétés dissolvantes du plasma normal.

Nous n'émettons pas l'hypothèse, pour le cas des grains d'amidon par exemple, d'une saturation possible de la petite quantité de plasma qui l'entoure, car dans des masses isolées de volumes très différents, nous n'avons pas observé de différences dans le degré d'altération d'un grain d'amidon *ingéré seul*.

Les observations de M. Verworn sur des animaux chez lesquels les ingesta restaient toujours extérieurs à la coque, et par conséquent visibles, nous permettent par analogie de rejeter notre première hypothèse du trop peu de durée du séjour des ingesta dans le plasma; nous sommes donc amenés à penser plutôt *qu'il y a*

(1) Condition n° 2.

modification du plasma après qu'il a été séparé du noyau.

L'ingestion de grumeaux d'alizarine sulfo-conjuguée va nous donner ici un renseignement précieux.

Nous avons montré ailleurs ⁽¹⁾ qu'une particule de cette substance indique par sa couleur, dès qu'elle est ingérée, la réaction du plasma dans lequel elle baigne. Son ingestion par une masse isolée n'a rien de remarquable au début ; la réaction à l'intérieur du sarcode est à peu près identique, comme nous l'avons vu, à celle de l'eau ambiante. Mais, augmentons l'alcalinité de cette eau ambiante ; nous verrons d'abord, de l'alizarine rose dans le sarcode énucléé, tandis qu'il y en aura de violette à l'extérieur. Seulement, au bout de peu de temps, cette différence de couleur deviendra moins nette, *elle finira même par ne plus exister du tout ; la réaction du sarcode énucléé ne restera pas indépendante de celle de son milieu.* Nous avons remarqué d'ailleurs que l'influence de cet accroissement d'alcalinité, surtout s'il était assez considérable, augmentait la rapidité de la dégénérescence. Voilà donc une différence fort sensible avec ce que nous avons observé chez les gromies nucléées dans lesquelles la réaction proto-

(1) *Bulletin scientifique de la France et de la Belgique*, 1894.

plasmique était constante malgré les variations du milieu. Une autre modification se produit, qui se traduit par l'apparence même de la masse sarcodique énucléée au stade de dégénérescence. Les contours naguère tourmentés et *concaves* vers l'extérieur n'existent plus ; à une île unique ont succédé plusieurs petits îlots de forme vaguement sphérique, dans tous les cas à *surface limitante convexe vers l'extérieur*, ce qui nous semble en relation avec une variation de la tension superficielle au contact de l'eau. Or, cette variation ne peut guère tenir qu'à des changements survenus dans la composition du liquide plasmique. Elle se manifeste non seulement par l'apparence nouvelle des contours mais encore par l'impossibilité d'y adhérer que témoignent les corps suspendus dans l'eau, corps qui, tout à l'heure, étaient si facilement agglutinés par le sarcode.

Or, ces changements de composition de l'existence desquels nous avons deux preuves, survenant après que le sarcode a cessé de contenir le noyau, doivent naturellement nous faire songer à une certaine action de cet organe sur le *maintien de la composition constante du protoplasma* (1). Si nous nous affranchissons autant

(1) La condition n° 1 ne peut exister que pour un plastide complet composé de protoplasma et de noyau.

que possible des idées préconçues que fait naître la comparaison instinctive des phénomènes vitaux d'un être très inférieur avec ceux qui nous sont plus familiers des êtres plus élevés en organisation ; — si nous comparons ce sarcode dans lequel nous n'avons constaté aucune trace d'organisation, aux liquides visqueux dont il ne semble différer que par quelques particularités très spéciales, nous sommes amenés à nous figurer cette influence d'un noyau plongé à son intérieur comme une action *immédiate* peut-être complexe, mais non comme un phénomène vital mystérieux.

Le noyau étant complètement séparé du milieu extérieur par le protoplasma, nous ne pouvons pas songer à une influence directe de cet organe sur les échanges osmotiques qui se font à la surface du protoplasma entre ce liquide et le liquide ambiant. Une telle explication ne pourrait nous venir à l'idée que par une comparaison instinctive avec des êtres supérieurs ; cette action directrice du noyau à distance nous semblerait possible si nous nous reportions aux phénomènes nerveux par exemple. Au contraire, nous n'aurons à recourir qu'à des explications d'ordre moins mystérieux si nous admettons que les échanges entre le milieu extérieur et le protoplasma se font, en dehors de toute influence, suivant les lois normales de

l'osmose, mais qu'ensuite, l'*assimilation* a lieu en présence du noyau, tandis qu'elle ne se fait pas en son absence ⁽¹⁾.

Considérons maintenant notre masse isolée, énucléée ; au début elle est composée de protoplasma et jouit de toutes les propriétés, osmotiques, dissolvantes, etc., du protoplasma ; au bout de quelque temps tous ces phénomènes ayant modifié sa composition *qu'aucune influence ne maintient constante*, CETTE MASSE N'EST PLUS DU PROTOPLASMA. Elle n'en a plus les propriétés dissolvantes ; elle cesse peu à peu d'en avoir toutes les propriétés. Le protoplasma n'est protoplasma que sous l'influence du noyau ⁽²⁾. On peut attribuer au protoplasma même tous les phénomènes que l'on observe à son intérieur quand il est sous l'influence du noyau ; tous les phénomènes que l'on observe à son intérieur quand le noyau est enlevé ne sont plus, au bout d'un certain temps, des phénomènes protoplasmiques de la gromie, puisque ce que l'on observe n'est plus du protoplasma de gromie.

39. — Si après avoir séparé par une incision une partie du réseau pseudopodique d'une gromie, on laisse la préparation telle quelle, il

(1) Condition n^o 2.

(2) Et réciproquement.

arrive souvent qu'au bout d'un certain temps les pseudopodes de l'être nucléé viennent au contact de ceux de la masse isolée. Quand cela a lieu après quelques instants seulement de séparation, la soudure est immédiate ; il semble seulement que l'on observe dans le réseau une plaque polygonale de plus. La masse sarco-dique totale s'est accrue d'une certaine quantité de substance *ayant la même constitution qu'elle* ; c'est un cas de *nutrition* indéniable, puisqu'il y a eu *addition* ; c'est un cas de *nutrition directe* puisque la substance ajoutée n'a pas besoin d'être modifiée en quoi que ce soit, avant de faire corps avec le sarcode total dont elle ne change pas la composition.

Supposons, au contraire, que la masse isolée soit restée longtemps séparée de l'être nucléé, qu'elle soit au stade de dégénérescence par exemple ; nous avons vu plusieurs fois, dans ce cas, les gouttelettes protoplasmiques qui la constituent touchées par les pseudopodes d'une gromie. Il y a adhérence et, immédiatement, on voit le contenu de cette gouttelette s'écouler dans le pseudopode *vers le noyau* ; ce phénomène ressemble tout à fait, pour l'œil, à celui de l'écoulement du plasma d'un infusoire dans le plasma d'un acinétiën par le canal d'un tube suceur. Il y a encore ici un cas certain de nutrition, puisqu'il y a addition de substance ; seulement,

cette nutrition n'est plus absolument directe ; elle aura besoin, pour être définitive, d'une action postérieure par laquelle le sarcode devenu différent de celui de l'être nucléé à cause de son long séjour à l'état isolé dans l'eau, lui redeviendra semblable, de façon que la composition générale ne soit pas changée, sera, en un mot, *assimilée*.

M. VERWORN, qui a observé un phénomène tout à fait analogue chez *Orbitolites*, voit dans cet écoulement centripète du contenu de la guttule dégénérée, *une sorte de revivification d'un protoplasma, mourant par perte de ses connexions avec le noyau, par un protoplasma vivant et étranger ayant conservé ses connexions nucléaires* (1). — Cette manière de voir nous semble plus compliquée que celle à laquelle nous nous sommes arrêté. Nous ne voyons aucune différence fondamentale entre le cas de l'addition au sarcode de la gromie de cette guttule isolée, et celui de l'addition au même sarcode du plasma, miscible avec lui, d'un infusoire ingéré. Dans les deux cas, le liquide ajouté est de composition *analogue* à celle du sarcode ingérant ; dans les deux cas, elle est de composition *différente* de celle du sarcode ingérant, et rien ne peut même

(1) BALBIANI. — *Annales de micrographie*, 1892.

nous faire penser que cette différence soit plus grande dans un cas que dans l'autre ; dans les deux cas, il y a entraînement vers le noyau des parties ajoutées, en vue de l'assimilation.

40. — Supposons maintenant que deux masses isolées, dépourvues de noyau, soient au voisinage l'une de l'autre ; si elles sont de même âge, c'est-à-dire si elles ont été séparées en même temps du réseau pseudopodique, elles ne pourront se rencontrer que pendant la période d'extension de leurs pseudopodes, et si cela a lieu, leurs pseudopodes se souderont naturellement comme ils se seraient soudés à ceux de la gromie nucléée.

Si l'une des masses est jeune et l'autre dégénérée, une guttule de la seconde pourra s'ajouter au plasma de la première en coulant dans son intérieur. L'addition de substance est donc nettement possible, pour une masse énucléée, peu de temps après sa séparation de la gromie ; la différence avec le cas de l'addition à une gromie nucléée sera seulement l'absence d'*assimilation*. C'est absolument la même chose qui se passe quand un infusoire est ingéré par une masse énucléée, et que son plasma se mêle à cette masse. Seulement, par suite de la *non-assimilation*, la composition de la masse énucléée varie, précisément à cause de toutes les additions ou soustractions dont elle est le siège, soit par nutrition,

soit par osmose, et elle perd ainsi au bout de peu de temps plusieurs de ses propriétés initiales, ses propriétés dissolvantes, par exemple, comme nous l'avons vu plus haut. Elle cesse aussi d'avoir la même réaction, ce qui est tout naturel si l'on admet qu'aucun appareil n'existe plus en elle qui soit chargé de maintenir constante cette réaction, c'est-à-dire la réaction du mélange avec les parties initialement existantes de parties nouvelles ajoutées, ayant chacune sa réaction propre.

Nous revenons à ce propos sur le cas rapporté au chapitre précédent de l'addition à une gromie nucléée d'une guttule de sarcode dégénéré; lorsque cette observation est faite en milieu préalablement alcalinisé, on peut arriver avec quelque patience à obtenir que cette addition ait pour objet une guttule contenant un grumeau d'alizarine devenu violet à son intérieur; eh bien! quand l'addition, l'*ingestion*, a lieu, on voit ce grumeau d'alizarine entraîné dans le courant centripète avec le reste du sarcode passer successivement par toutes les teintes de la zone sensible, depuis le violet jusqu'au rose, à mesure que le sarcode alcalin dans lequel il baigne se mélange avec des quantités plus considérables du sarcode moins alcalin de l'être nucléé. Dans cette observation, la quantité de substance plus alcaline ajoutée au protoplasma

moins alcalin est très peu considérable par rapport à la masse totale de la gromie ; aussi quand il y a mélange, la réaction définitive n'est-elle pas modifiée sensiblement ; mais si l'on suppose un grand nombre d'additions semblables, la réaction définitive devrait finir par devenir plus alcaline, s'il n'y avait aucune action ultérieure maintenant sa constance. Or, on peut laisser vivre une gromie dans de l'eau à réaction violette pendant fort longtemps sans que sa réaction propre cesse d'être rose, ce qui n'a pas lieu pour une masse énucléée comme nous l'avons vu.

Nous pouvons résumer les résultats précédents dans les conclusions suivantes :

Quand on sépare d'une gromie une masse plus ou moins grande de sarcode, cette masse isolée et dépourvue de noyau présente encore les propriétés caractéristiques du protoplasma de l'être nucléé, *pendant les premiers temps qui suivent l'opération.*

Elle est capable d'englober des corps étrangers venus au contact d'elle, de s'additionner de substance sarcodique, de commencer à dissoudre certains corps solides.

Au bout de quelque temps de séjour dans l'eau, les additions précitées et les phénomènes d'osmose ayant lieu sans être suivis d'*assimilation*, la masse isolée devient différente du pro-

toplasma d'une gromie nucléée et perd ses propriétés dissolvantes. Sa réaction cesse d'être indépendante de celle du milieu.

L'influence du noyau sur les phénomènes *qui se passent dans l'intérieur du protoplasma* d'une gromie entière se réduit à maintenir constant le milieu dans lequel ces phénomènes se produisent. En d'autres termes, tous les phénomènes intra-protoplasmiques constatés chez une gromie nucléée, sembleraient devoir se produire dans le protoplasma séparé du noyau, si, par un procédé quelconque, on maintenait constante la composition de ce protoplasma ; c'est-à-dire que le noyau de la gromie n'a d'influence directe sur aucun phénomène ⁽¹⁾ se passant dans l'intérieur du protoplasma supposé de composition constante.

Nous avons spécifié avec soin que toutes les conclusions précédentes étaient appliquées *aux gromies*, et à ces êtres seuls qui ont autour de leur noyau un protoplasma ne manifestant d'aucune manière une différenciation quelconque dans des parties quelconques ; à ces êtres chez lesquels, malgré les idées les plus fortement prévenues par des comparaisons avec d'autres animaux plus complexes, on ne peut voir, en d'autres

(1) Cette question ne se poserait même pas, avec la méthode chimique d'exposition.

termes, en dehors du noyau, que le *sarcode* de DUJARDIN.

41. Résumé. — 1° L'addition de substance nouvelle à la substance préexistante de la gromie peut être de trois natures différentes :

α) Il y a addition directe au plasma d'une certaine quantité de plasma identique.

β) Il y a addition au plasma d'une substance différente de lui, mais miscible avec lui.

γ) Il y a introduction dans le plasma de substances solides, que le plasma peut dissoudre, et qui, ainsi dissoutes et miscibles avec le plasma s'ajoutent à lui.

Dans tous ces cas, c'est le plasma lui-même qui accomplit tous les actes desquels dépend l'addition [l'addition correspondrait dans les cas les plus compliqués (γ) aux formes les plus simples de ce qu'on a l'habitude d'appeler chez les animaux plus élevés digestion et absorption].

2° L'addition de substances étrangères au plasma primitif dont les éléments se détruisent peu à peu par suite des combustions vitales, modifierait rapidement la composition de ce plasma, si une *assimilation* n'avait pas lieu ; cette assimilation ne se produit plus quand le noyau est écarté. Une substance miscible avec le proto-plasma et ajoutée à lui participe immédiatement à toutes les réactions vitales, mais elle ne fait, à

proprement parler, partie de la gromie ⁽¹⁾, que quand, sous l'influence du noyau, elle a été assimilée.

42. — Au cours de tout cet appendice, nous avons évité avec soin de nous servir du langage chimique employé dans le reste du volume pour la bactériodie charbonneuse. Il est facile de voir combien ce langage chimique est plus clair et plus précis, en résumant comme il suit, tout le mémoire relatif à *Gromia fluviatilis*.

Le plastide se compose de deux groupes de substances (protoplasma et noyau) dont la présence simultanée est indispensable à la condition n° 1.

Un morceau de protoplasma isolé, un morceau de noyau isolé, sont toujours à la condition n° 2.

L'addition de parties nouvelles a lieu dans les morceaux de protoplasma isolés, mais c'est seulement à la condition n° 1 qu'a lieu la vie élémentaire manifestée ou assimilation.

A cause de la faible tension superficielle, l'addition directe est possible et a lieu.

Les phénomènes intra-protoplasmiques sont ici bien plus complexes que pour la bactériodie, ou du moins nous les voyons mieux et c'est pourquoi ils masquent plus ou moins les phénomènes généraux d'où résulte l'assimilation.

(1) Comme substance plastique.

Nous voudrions avoir démontré qu'il y a un avantage très considérable à rejeter l'ancien langage biologique pour le remplacer par le langage purement chimique, partout où il est applicable dans l'état actuel de la science. Non seulement cela permet de mieux expliquer les phénomènes, mais encore cela montre plus exactement quels sont les points restés obscurs et quelles sont les recherches à faire.

INDEX BIBLIOGRAPHIQUE

—

I. BACTÉRIDIE CHARBONNEUSE

Ouvrages généraux

- PASTEUR. — *Charbon et septicémie.*
CHAMBERLAND. — *Le charbon et la vaccination charbonneuse.*
STRAUS. — *Le charbon des animaux et de l'homme.*
METCHNIKOFF. — *Leçons sur l'inflammation.*

L'assimilation

- L. PERDRIX. — *Transformation des matières azotées dans les cultures de charbon* Ann. Inst. Pasteur, II.
IWANOW. — *Acides volatils dans les cultures de la bactériidie charbonneuse.* Ann. Inst. Pasteur, VI.
HANKIN. — *Albumoses et toxalbumines sécrétées par la bactériidie.* Ann. Inst. Pasteur, VII.
L. MARMIER. — *Sur la toxine charbonneuse.* Thèse de Paris, 1895.

La variation

- ROUX. — *Bactériidie asporogène.* Ann. Inst. Pasteur, IV.

- ROUX. — *Action de la chaleur, de l'air et de la lumière sur les spores.* Ann. Inst. Pasteur, I, (2 mémoires).
- KOSSIAKOFF. — *Adaptation aux milieux antiseptiques.* Ann. Pasteur, I.
- GAMALEÏA. — *Atténuation et vaccination charbonneuse.* Ann. Inst. Pasteur, II.
- HAFKINE. — *Adaptation au milieu.* Ann. Inst. Pasteur, IV.
- MOMONT. — *Action de la dessiccation, de l'air, de la lumière sur la bactéridie filamenteuse.* Ann. Inst. Pasteur, IV.

La sélection

- FREUDENREICH. — *Antagonisme des bactéries.* Ann. Inst. Pasteur, II.
- BLAGOVESTCHENSKY. — *Antagonisme du charbon et du pus bleu.* Ann. Inst. Pasteur, IV.
- M^{lle} TSIKLINSKI. — *Virulence de la bactéridie.* Ann. Inst. Pasteur, VI.

De nombreux mémoires sur l'immunité, par MM. Roux, Chamberland, Metchnikoff, etc. etc., dans les *Annales de l'Institut Pasteur.*

II. GROMIE

- LE DANTEC. — *Études biologiques comparatives sur les rhizopodes lobés et réticulés d'eau douce* (Bull. Sc., 1895).

TABLE DES MATIÈRES

| | |
|---------|-------|
| PRÉFACE | Pages |
| | 5 |

ÉTUDE DE LA BACTÉRIDIE CHARBONNEUSE

PREMIÈRE PARTIE

L'ASSIMILATION

| | | |
|------------|---|----|
| CHAP. I. | <i>Structure de la bactéridie .</i> | 7 |
| CHAP. II. | <i>Multiplication de la bactéridie.</i> | |
| | <i>Condition n° 1</i> | 10 |
| CHAP. III. | <i>Étude des termes Q et R</i> | 16 |
| CHAP. IV. | <i>Étude de la condition n° 2.</i> | 28 |
| CHAP. V. | <i>Étude de la condition n° 3.</i> | 37 |
| | <i>Formes de la bactéridie</i> | 38 |
| CHAP. VI. | <i>Spores et sporulation. Vie latente</i> | 48 |
| | <i>Résistance des spores de bactéri-</i> | |
| | <i>ridies</i> | 57 |
| | <i>Forme des colonies de bactéridies</i> | |
| | <i>sur divers milieux</i> | 68 |
| CHAP. VII. | <i>Virulence</i> | 71 |

DEUXIÈME PARTIE

LA VARIATION

| | Pages |
|--|-------|
| CHAP. VIII. <i>Variations morphologiques</i> | 83 |
| Formes d'involution. | 83 |
| Formes des bactériidies dans les divers milieux | 89 |
| Bactéridie asporogène . | 92 |
| CHAP. IX. <i>Variations physiologiques</i> | 101 |
| CHAP. X. <i>Notion d'espèce</i> | 115 |

TROISIÈME PARTIE

LA SÉLECTION

| | |
|--|-----|
| CHAP. XI. <i>Lutte pour l'existence et immunité.</i> | 131 |
| Lutte pour l'existence entre des plastides différents | 136 |
| Adaptation au milieu | 146 |
| Sélection naturelle conduisant à l'immunité | 151 |

APPENDICE

ÉTUDE DE GROMIA FLUVIATILIS (DUJARDIN)

| | |
|---|-----|
| CHAP. XII. <i>Structure</i> | 161 |
| CHAP. XIII. <i>Expériences de mérotomie .</i> | 179 |
| INDEX BIBLIOGRAPHIQUE . | 201 |

MASSON & C^{ie}, Éditeurs

LIBRAIRES DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE

120, Boulevard Saint-Germain, Paris

P. n^o 34.

EXTRAIT DU CATALOGUE

(Décembre 1896)

VIENT DE PARAÎTRE

Traité des

Maladies de l'Enfance

PUBLIÉ SOUS LA DIRECTION DE MM.

J. GRANCHER

Professeur à la Faculté de médecine de Paris,

Membre de l'Académie de médecine, médecin de l'hôpital des Enfants-Malades.

J. COMBY

Médecin

de l'hôpital des Enfants-Malades.

A.-B. MARFAN

Agrégé,

Médecin des hôpitaux.

5 volumes grand in-8 en souscription

90 fr.

L'ouvrage dont nous commençons aujourd'hui la publication, et qui sera complet en 5 volumes in-8^o, vient fort heureusement combler une lacune. Si les manuels de médecine infantile ne manquaient pas, on souffrait de l'absence d'une œuvre de longue haleine embrassant, dans son ensemble, toute la pédiatrie. Cette œuvre, MM. Grancher, Comby et Marfan ont voulu l'entreprendre, encouragés qu'ils étaient par les collaborations précieuses qui s'offraient à eux, tant de la France que de l'étranger.

Les directeurs de cette publication ont pensé qu'on leur saurait gré d'avoir réuni, dans le même ouvrage, toutes les branches de la pathologie infantile : médecine, chirurgie, spécialités ; d'autant plus qu'ils ont fait appel, pour la réalisation de ce plan nouveau, aux maîtres les plus renommés dans ces diverses branches de la pédiatrie. Le lecteur trouvera donc, dans cet ouvrage, des réponses à toutes les questions qui intéressent la pratique médico-chirurgicale des enfants.

Conçu dans cet esprit, exécuté avec une compétence dont le public médical sera juge, le nouveau *Traité des Maladies de l'Enfance* est appelé à rendre les plus grands services aux praticiens.

**(Voir ci-contre les conditions de publication et les divisions
de l'ouvrage.)**

Le Traité des Maladies de l'Enfance sera publié en cinq volumes qui paraîtront à des intervalles rapprochés. Chaque volume sera vendu séparément, et le prix en sera fixé selon l'étendue des matières.

Il est accepté des souscriptions au Traité des Maladies de l'Enfance à un prix à forfait quels que soient l'étendue et le prix de l'ouvrage complet. Ce prix est, quant à présent et jusqu'à la publication du tome II, fixé à 90 francs.

Les divisions de l'ouvrage ont été fixées comme suit :

TOME I (EN VENTE)

1 volume in-8° de xvi-816 pages. . 48 fr.

Préface (GRANCHER). — *Physiologie et hygiène de l'enfance* (COMBY). — *Considérations thérapeutiques sur les maladies de l'enfance. Table de posologie infantile* (MARFAN). — *Scarlatine* (MOZARD). — *Rougeole* (COMBY). — *Rubéole* (BOULLOCHE). — *Variole* (COMBY). — *Vaccine et vaccination* (DAUCHEZ). — *Varicelle* (COMBY). — *Oreillons* (COMBY). — *Coqueluche* (COMBY). — *Fièvre typhoïde* (MARFAN). — *Fièvre éphémère* (COMBY). — *Fièvre ganglionnaire* (COMBY). — *Grippe* (GILLET). — *Suette miliaire* (HONTANG). — *Choléra asiatique* (DUFLOCQ). — *Malaria* (CONCETTI). — *Fièvre jaune* (COMBY). — *Tétanos* (RENAULT). — *Rage* (GILLET). — *Erysipèle* (RÉNON). — *Infections septiques du fœtus, du nouveau-né et du nourrisson* (FISCHL). — *Rhumatisme articulaire et polyarthrites* (MARFAN). — *Diphthérie* (SEVESTRE et LOUIS MARTIN). — *Syphilis* (GASTOU). — *Tuberculose. Scrofule* (AVIRAGNET).

TOME II

MALADIES GÉNÉRALES DE LA NUTRITION : arthritisme, obésité, migraine, asthme, diabète, anémie, chlorose, leucémie, pseudo-leucémie, purpura, scorbut infantile, rachitisme, athrepsie. — MALADIES DU TUBE DIGESTIF.

TOME III

ABDOMEN ET ANNEXES : ombilic, hernies, foie, rate, reins et organes génitaux. — MALADIES DE L'APPAREIL CIRCULATOIRE. — NEZ, LARYNX : thymus, glande thyroïde.

TOME IV

MALADIES DES BRONCHES, DU POUMON, DES PLÈVRES, DU MÉDIASTIN. — MALADIES DU SYSTÈME NERVEUX : méninges, cerveau, moelle, amyotrophies, névroses, paralysies, etc.

TOME V

APPAREIL LOCOMOTEUR : os, articulations, etc. — ORGANE DES SENS : yeux, oreilles. — MALADIES DE LA PEAU. — MALADIES DU FŒTUS.

Table des matières des cinq volumes.

VIENT DE PARAÎTRE

Manuel de Pathologie interne

Par **G. DIEULAFOY**

Professeur de clinique médicale de la Faculté de Médecine de Paris,
Médecin de l'Hôtel-Dieu, Membre de l'Académie de Médecine.

DIXIÈME ÉDITION REVUE ET AUGMENTÉE

4 volumes in-16 diamant, avec figures en noir et en couleurs,
cartonnées à l'anglaise, tranches rouges, 28 fr.

Par des additions et des refontes partielles, le Manuel de Pathologie interne publié d'abord en deux volumes, puis en trois, forme aujourd'hui quatre volumes. M. Dieulafoy a développé principalement, dans cette dixième édition, les chapitres consacrés à l'Appendicite, à la Diphtérie et à la Fièvre typhoïde. Pour la première fois le lecteur y trouvera quelques planches et figures en noir et en couleurs intercalées dans le texte et se rapportant aux sujets les plus nouveaux traités dans cette édition. Toutes ces figures ont été reproduites d'après les dessins du Dr Bonnier, qui avait déjà sur les mêmes sujets exécuté les schémas qui ont servi au cours du professeur Dieulafoy.

VIENT DE PARAÎTRE

Leçons de Pathogénie appliquée

(CLINIQUE MÉDICALE, HOTEL-DIEU 1895-1896)

Par **A. CHARRIN**

Professeur agrégé, Médecin des hôpitaux,
Directeur-adjoint au Laboratoire de pathologie générale.

1 volume in-8 de xvi-397 pages.

6 fr.

Chargé, pendant l'année 1895-1896, du service comme de l'enseignement de la clinique médicale, M. Charrin a pensé que le moment était venu d'associer étroitement aux anciennes méthodes, aux procédés d'exploration légués par la tradition, les ressources de la médecine expérimentale. Les acquisitions de l'heure présente ne concernent pas uniquement l'animal; si on s'efforce d'arracher à son organisme quelques-uns de ses secrets, c'est dans le but, tout au moins l'espoir, de pouvoir tôt ou tard les transporter au lit du malade, afin de faire bénéficier la pathologie humaine de ces découvertes. Dans les vingt leçons contenues dans cet ouvrage, l'auteur a fait de son mieux pour mener de front l'enseignement clinique, l'examen des malades et les recherches expérimentales, la pratique et la théorie.

BIBLIOTHÈQUE D'HYGIÈNE THÉRAPEUTIQUE

L'Hygiène du Goutteux

PAR

A. PROUST

A. MATHIEU

Membre de l'Académie de Médecine
Médecin de l'Hôtel-Dieu.

Médecin des Hôpitaux
de Paris.

1 volume in-16, cartonné toile, tranches rouges (xxiv-340 pages). 4 fr.

La goutte n'est-elle pas, de toutes les maladies chroniques, une de celles dans lesquelles l'hygiène peut être appelée à jouer un rôle prépondérant? L'oubli des règles de la sobriété, le surmenage nerveux, l'hérédité en sont les principaux facteurs pathogéniques. N'est-il pas démontré qu'il appartient à l'hygiène plus qu'à la thérapeutique d'en enrayer l'action et d'en corriger les effets? — Obligés de se prononcer entre ces doctrines séculaires et des théories trop récentes pour que l'expérience ait pu justifier leurs prétentions révolutionnaires, les auteurs ont pris parti pour la tradition clinique; l'observation peut seule, en effet, donner une réelle sanction aux hypothèses pathogéniques et aux pratiques thérapeutiques qui en dérivent.

L'Hygiène des Asthmatiques

PAR

E. BRISSAUD

Professeur agrégé à la Faculté de Médecine de Paris
Médecin de l'hôpital Saint-Antoine.

1 volume in-16, cartonné toile, tranches rouges (xxiv-214 pages). 4 fr.

L'asthme vrai est une pure névrose, comme l'avait soutenu Avicenne, et il ne sera ici question que de celui-là, attendu que l'hygiène thérapeutique de l'asthme n'ayant d'unité qu'autant qu'elle vise une condition morbide définie, ses lois ne sont pas applicables aux pseudo-asthmes accidentels, syndromes variables et disparates. En résumé, l'hygiène des asthmatiques consiste surtout en une sorte de discipline fonctionnelle que chacun de nous peut et doit s'imposer; elle emprunte bien moins à la thérapeutique qu'à ce régime de vie ponctuel et mesuré qui assure le maximum de sécurité à un organisme en souffrance. Dans le programme qu'elle se propose, la part de collaboration du malade l'emporte sur celle du médecin.

BIBLIOTHÈQUE D'HYGIÈNE THÉRAPEUTIQUE

VIENT DE PARAÎTRE

L'Hygiène de l'Obèse

PAR

A. PROUST

Membre de l'Académie de Médecine,
Médecin de l'Hôtel-Dieu.

A. MATHIEU

Médecin
de l'hôpital Andral.

1 volume in-16, cartonné toile, tranches rouges (xxiv-344 pages). 4 fr.

Des diverses maladies de la nutrition, l'obésité est certainement celle dont le traitement est le plus directement du ressort de l'hygiène. La médication ne vient qu'en seconde ligne : il ne suffit pas du reste de devenir maigre plus ou moins rapidement, il faut ne pas engraisser de nouveau et c'est encore à l'hygiène qu'il faut faire appel pour conserver les résultats acquis. — Après des considérations sommaires de pathologie et une étude plus étendue de l'étiologie et de la pathogénie, les auteurs exposent dans tous leurs détails les plus importantes des méthodes hygiéniques conseillées pour le traitement de l'obésité; ils donnent le tableau complet des tentatives faites et des systèmes encore en présence actuellement. MM. Proust et Mathieu donnent ensuite le traitement hygiénique de l'obésité; contrairement à Pfeiffer, ils conseillent la méthode lente et progressive, appropriée à la taille, à l'âge, au tempérament et au sexe. Le volume se termine par un exposé du traitement médicamenteux et thermal de l'obésité, et étudie surtout la médecine thyroïdienne, la dernière venue et la plus intéressante.

VIENT DE PARAÎTRE

L'Hygiène du Syphilitique

PAR

H. BOURGES

Ancien interne des hôpitaux et de la clinique dermatologique de la Faculté,
Préparateur du Laboratoire d'hygiène à la Faculté de Médecine.

1 volume in-16, cartonné toile, tranches rouges (xxiv-294 pages). 4 fr.

L'hygiène considère à juste titre la syphilis comme un danger public contre lequel il faut toujours se tenir en garde, et elle s'efforce d'y parer par l'application d'importantes mesures de police sanitaire et de prophylaxie générale. Partant de cette idée que l'ignorance du danger syphilitique, des formes sous lesquelles il se présente et des moyens de l'éviter, est un des principaux facteurs de dissémination de la maladie, le professeur Proust a pensé qu'il y aurait quelque utilité à publier un livre dans lequel ces notions seraient mises à la portée de tous, dans un exposé simple et bref, dépouillé de termes techniques. — Ce traité est divisé en trois parties. Dans la première, sont examinées les conditions de propagation et les modes de transmission de la syphilis; la seconde est consacrée à la prophylaxie et à l'hygiène du syphilitique; enfin sont indiquées brièvement, dans la troisième, les mesures de police sanitaire qui sont actuellement opposées à l'envahissement de la syphilis.

BIBLIOTHÈQUE D'HYGIÈNE THÉRAPEUTIQUE

Hygiène

et

Thérapeutique thermales

PAR

G. DELFAU

Ancien interne des Hôpitaux de Paris.

1 volume in-16, cartonné toile, tranches rouges (xxiv-456 pages). 4 fr.

Ce serait une conception bien étroite et bien incomplète de ne voir dans une cure thermale que l'action de l'eau minérale elle-même : le climat, l'altitude, l'exposition de la localité, l'abandon momentanément des affaires, des plaisirs ordinaires, du régime habituel, la vie au grand air, l'exercice, sans parler des agents annexes du traitement proprement dit, tels sont les principaux éléments adjuvants dont on sait de plus en plus apprécier l'action puissante, profonde et durable. A elles seules, ces quelques considérations suffisent pour rappeler que la cure thermale ressortit à la fois à la thérapeutique proprement dite et à l'hygiène, et encore plus à cette dernière telle qu'on tend de plus en plus à l'envisager aujourd'hui.

Le volume de M. Delfau est un véritable dictionnaire des Eaux minérales connues : il contient en effet des renseignements sur 358 stations de France et de l'Etranger, et, pour chacune, il donne des indications sur les voies d'accès, la situation, l'aspect général, l'altitude, le climat, la saison, les ressources, les établissements thermaux, les sources, leur débit, leur température, leurs particularités physiques, leurs modes d'emploi, leurs applications thérapeutiques, leur analyse et leur composition chimique. Indispensable aux médecins, pharmaciens et chimistes, ce livre sera consulté avec fruit par toutes les personnes qui fréquentent les villes d'eaux.

VOLUMES A PARAÎTRE ULTÉRIEUREMENT :

L'Hygiène du Neurasthénique (P^r PROUST et D^r BALLET).

L'Hygiène des Dyspeptiques (D^r LINOSSIER).

L'Hygiène du Tuberculeux (D^r DAREMBERG).

L'Hygiène des Albuminuriques (D^r SPRINGER).

L'Hygiène du Diabétique (P^r PROUST et D^r MATHIEU).

Hygiène thérapeutique des maladies de la peau (D^r BROCC).

Précis d'Histologie

PAR

MATHIAS DUVAL

Professeur d'histologie à la Faculté de médecine de Paris,
Membre de l'Académie de médecine de Paris.

OUVRAGE ACCOMPAGNÉ DE 408 FIGURES DANS LE TEXTE*1 volume in-8 de xxxii-956 pages.**18 fr.*

Il n'est personne, dans le public et le personnel de nos Facultés, qui ne connaisse le succès de l'enseignement du professeur Mathias Duval dans sa chaire d'histologie. Il a su faire aimer une science qui, bien que relativement récente, n'avait pas encore trouvé, auprès de la foule des étudiants, toute la faveur qu'elle mérite, comme étude fondamentale non seulement pour la médecine mais encore pour la biologie animale.

Depuis longtemps sollicité par ses élèves de leur donner en un volume la substance de ses cours, le Professeur s'est enfin décidé à publier ce *Précis d'Histologie*, qu'il a rédigé après avoir mûri son enseignement par de nombreuses conférences comme agrégé, puis par plus de dix ans de professorat dans la chaire magistrale qu'il occupe aujourd'hui.

On retrouve dans ce volume les qualités qui ont fait le succès de son enseignement : clarté et précision dans l'exposé des faits ; haute portée philosophique dans les vues générales ; soin extrême de suivre les progrès de la science, mais en n'acceptant les faits nouveaux qu'à la lumière d'une sévère critique. Ce volume arrive dans un bon moment, alors que les notions d'histologie, devenues si précises par les innombrables découvertes dues au perfectionnement de la technique, découvertes parmi lesquelles il faut citer en première ligne celle de Ranvier, ont pu être reliées entre elles et acquérir toute leur signification par les progrès de l'embryologie et de l'histogénèse.

Des nombreuses figures qui illustrent ce volume, les unes sont empruntées aux maîtres les plus autoisés, les autres, nouvelles, originales, sont pour la plupart des dessins schématiques reproduisant les dessins que M. Mathias Duval a composés pour son enseignement. L'auteur les a dessinés lui-même, et cela ne sera pas un des moindres mérites de cette œuvre magistrale.

Traité de

Pathologie générale

PUBLIÉ PAR

Ch. BOUCHARD

MEMBRE DE L'INSTITUT

PROFESSEUR DE PATHOLOGIE GÉNÉRALE A LA FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

SECRÉTAIRE DE LA RÉDACTION :

G.-H. ROGER

Professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris, Médecin des hôpitaux.

CONDITIONS DE LA PUBLICATION :

Le Traité de Pathologie générale sera publié en 6 volumes grand in-8°. Chaque volume comprendra environ 900 pages, avec nombreuses figures dans le texte. Les tomes I et II sont en vente. Les autres volumes seront publiés successivement et à des intervalles rapprochés.

Prix de la Souscription, 1^{er} décembre 1896

102 fr.

DIVISIONS DU TOME I

1 vol. grand in-8° de 1018 pages avec figures dans le texte. 18 fr.

- H. ROGER. — Introduction à l'étude de la pathologie générale.
H. ROGER et P.-J. CADIOT. Pathol. comparée de l'homme et des animaux.
P. VUILLEMIN. Considérations générales sur les maladies des végétaux.
MATHIAS DUVAL. — Pathogénie générale de l'embryon. Tératogénie.
LE GENDRE. — L'hérédité et la pathologie générale.
BOURCY. — Predisposition et immunité.
MARFAN. — La fatigue et le surmenage.
LEJARS. — Les Agents mécaniques.
LE NOIR. — Les Agents physiques. Chaleur. Froid. Lumière. Pression atmosphérique. Son.
D'ARSONVAL. — Les Agents physiques. L'énergie électrique et la matière vivante.
LE NOIR. — Les Agents chimiques : les caustiques.
H. ROGER. — Les intoxications.

DIVISIONS DU TOME II

1 vol. grand in-8° de 932 pages avec figures dans le texte. 18 fr.

- CHARRIN. — L'infection.
GUIGNARD. — Notions générales de morphologie bactériologique.
HUGOUNEQ. — Notions de chimie bactériologique.
CHANTEMESSE. — Le sol, l'eau et l'air agents de transmission des maladies infectieuses.
GABRIEL ROUX. — Les microbes pathogènes.
LAVERAN. — Des maladies épidémiques.
RUFFER. — Sur les parasites des tumeurs épithéliales malignes.
R. BLANCHARD. — Les parasites.

Leçons de Thérapeutique

PAR LE

Dr Georges HAYEMMembre de l'Académie de médecine,
Professeur à la Faculté de médecine de Paris

LES MÉDICATIONS : 4 volumes grand in-8° ainsi divisés :

1^{re} Série. — Les médications. — Médication désinfectante. — Médication sthénique. — Médication antipyretique. — Médication antiphlogistique. 8 fr.

2^e Série. — De l'action médicamenteuse. — Médication antihypertensive. — Médication hémostatique. — Médication reconstituante. — Médication de l'anémie. — Médication du diabète sucré. — Médication de l'obésité. — Médication de la douleur. 8 fr.

3^e Série. — Médication de la douleur (suite). — Médication hypnotique. —

Médication stupéfiante. — Médication antispasmodique. — Médication excitatrice de la sensibilité. — Médication hypercinétique. — Médication de la kinésitaraxie cardiaque. — Médication de l'asystolie. — Médication de l'ataxie et de la neurasthénie cardiaque. 8 fr.

4^e Série. — Médication antidyspeptique. — Médication antidyspnéique. — Médication de la toux. — Médication expectorante. — Médication de l'albuminurie. — Médication de l'urémie. — Médication antisudorale. 12 fr.

LES AGENTS PHYSIQUES ET NATURELS :

Agents thermiques. — Électricité. — Modifications de la pression atmosphérique. Climats et eaux minérales.

1 volume grand in-8° avec nombreuses figures et 1 carte des eaux minérales et stations climatiques. 12 fr.

VIENT DE PARAÎTRE

Traité élémentaire

de Clinique thérapeutique

Par le **Dr G. LYON**Ancien interne des hôpitaux de Paris
Ancien chef de clinique à la Faculté de médecine**DEUXIÈME ÉDITION, REVUE, AUGMENTÉE**

1 volume in-8° de 1154 pages

15 fr.

Profitant du réel succès obtenu par cet ouvrage dont la première édition avait été épuisée en moins de deux années, l'auteur a refondu complètement certains chapitres de son livre (celui des dyspepsies chimiques par exemple) et l'a en outre augmenté d'un certain nombre de chapitres nouveaux, tels que ceux relatifs à la diphtérie, à l'entéralgie, à la péritonite tuberculeuse, à l'albuminurie, à l'actinomycose, aux empoisonnements, etc., etc. Les praticiens seront heureux de trouver dans cette seconde édition un important *appendice contenant la liste des médicaments les plus usuels avec l'indication de leur mode d'emploi et de leur dosage.*

Essai de

Paléontologie philosophique

Ouvrage faisant suite

aux « *Enchaînements du monde animal dans les temps géologiques* »

PAR

ALBERT GAUDRY

de l'Institut de France et de la Société royale de Londres
Professeur de paléontologie au Muséum d'histoire naturelle

1 volume in-8° avec 204 gravures dans le texte.

8 fr.

Nous n'avons pas à rappeler ici les beaux travaux de Paléontologie du professeur Albert Gaudry. Les *Enchaînements* ont marqué dans la science une date et contribué à donner aux travaux d'histoire naturelle une direction qui en a affirmé la portée philosophique.

L'ouvrage que nous annonçons aujourd'hui est le résumé de longues années de recherches. M. Gaudry y a tracé en quelques pages l'histoire de l'évolution de la formation des êtres : c'est l'œuvre d'un penseur en même temps que celle d'un savant éminent. Le philosophe comme l'homme de science y trouvera matière à de précieux enseignements.

Leçons de

Géographie physique

Par **Albert de LAPPARENT**

Professeur à l'École libre de Hautes-Études
Ancien Président de la Commission centrale de la Société de Géographie

1 volume in-8° contenant 117 figures dans le texte.
et une planche en couleurs. 12 fr.

Dans les derniers jours de 1895, lors de la discussion du budget devant le Sénat, M. Bardoux appelait l'attention du Ministre de l'Instruction publique sur la situation actuelle de l'enseignement de la Géographie physique. L'honorable sénateur constatait, sans être contredit par personne, qu'il n'y avait aujourd'hui en France qu'un seul cours complet sur la matière, celui que professait M. de Lapparent à l'École libre de Hautes-Études.

C'est ce cours que nous venons offrir au public. Après plusieurs années d'essais, l'auteur croit avoir réussi à unir en un véritable corps de doctrines ces intéressantes considérations, relatives à la genèse des formes géographiques, dont on peut dire qu'il a été en France le plus persévérant initiateur.

Traité de Zoologie

PAR

Edmond PERRIER

Membre de l'Institut, Professeur au Muséum d'Histoire naturelle.

VIENT DE PARAÎTRE**FASCICULE IV****VERS ET MOLLUSQUES**

1 volume grand in-8 de 792 pages, avec 566 figures. 16 fr.

Un traité embrassant l'ensemble de la science zoologique faisait défaut en France. Grâce à M. Edmond Perrier, cette lacune regrettable est désormais comblée. Son traité de zoologie est bien, en effet, le livre convenant par excellence à qui veut acquérir des notions complètes et générales sur l'ensemble des êtres vivants dont il étudie non seulement le groupement, mais encore l'organisation et les fonctions. L'étude de la zoologie ne saurait se séparer de l'anatomie comparée, de la physiologie et de l'embryologie. M. Perrier, avec une science magistrale, a réussi à condenser dans son œuvre tous les éléments propres à faciliter les efforts des chercheurs, de jour en jour plus nombreux, que vient à passionner la science de la vie.

Le fascicule que vient de paraître, commence la deuxième partie de l'ouvrage qui sera complété par un cinquième fascicule (*Tuniciens, Vertébrés*). Il contient une table provisoire : le titre et la table complète de la deuxième partie seront donnés avec le fascicule V.

Ont déjà paru :

- FASCICULE I : Zoologie générale**, 412 pages, 458 figures **12 fr.**
FASCICULE II : Protozoaires et Phytozoaires, 452 pages, 243 figures. **10 fr.**
FASCICULE III : Arthropodes, 480 pages, 278 figures **8 fr.**
- Ces trois fascicules réunis forment la première partie.
 1 volume in-8 de 1344 pages, avec 980 figures. **30 fr.**

VIENT DE PARAÎTRE

Éléments de Commerce et de Comptabilité

Par **Gabriel FAURE**

Professeur à l'École des Hautes-Études commerciales et à l'École commerciale.
Expert-comptable au Tribunal de la Seine.

1 volume petit in-8 de 460 pages, cartonné à l'anglaise. 4 fr.

Exposer avec méthode les questions qui forment la base de tout enseignement commercial, tel est le but de l'auteur. Ce volume renferme le développement complet du programme suivi à l'École des Hautes-Études commerciales en première année. La méthode de M. Faure consiste à faire appel au jugement des élèves plus encore qu'à leur mémoire. Il a cherché à éviter le double écueil d'égarer le débutant dans une foule de détails et de cas particuliers et de laisser subsister dans l'étude des principes généraux une obscurité qui rebute le lecteur. Ce livre est divisé en trois parties : 1° les principales opérations commerciales ; 2° les calculs auxquels ces opérations donnent lieu ; 3° la science qui nous enseigne à les enregistrer. Ce résumé substantiel, présentant l'ensemble des progrès accomplis à l'heure actuelle, s'adresse aussi bien à la jeunesse des écoles spéciales qu'aux personnes désireuses d'acquiescer les notions les plus essentielles sur le commerce et la comptabilité

VIENT DE PARAÎTRE

Cours d'Algèbre

à l'usage des classes
de mathématiques élémentaires,
de l'enseignement secondaire
moderne;

des candidats à l'École de Saint-Cyr et au professorat des Écoles normales,

Par **Henri NEVEU**

Agrégé de l'Université, Professeur de mathématiques à l'École Lavoisier

DEUXIÈME ÉDITION CONFORME AUX DERNIERS PROGRAMMES

1 volume in-8 avec figures dans le texte. 8 fr.

Ce cours d'algèbre est le même que l'auteur professe dans ses classes d'élémentaires; M. Neveu s'est efforcé de suivre un ordre méthodique et a cherché, en débarrassant certaines questions de ce qu'elles ont d'aride, à mettre le plus de clarté possible dans les démonstrations, tout en maintenant leur rigueur mathématique. Les élèves trouveront à la suite de toutes les théories de nombreux exercices résolus, corrigeant ainsi leur sécheresse et les mettant à même de résoudre toutes les questions qui peuvent leur être proposées aux examens. La deuxième édition que nous publions aujourd'hui est conforme aux nouveaux programmes. La théorie des nombres négatifs est traitée dès le début du cours, et les premiers chapitres ont été modifiés dans ce sens. Les candidats à l'École de Saint-Cyr trouveront dans les leçons complémentaires les questions relatives aux dérivées qui, depuis la première édition, ont été ajoutées aux programmes.

ANNALES DE L'UNIVERSITÉ DE LYON

DERNIERS VOLUMES PARUS :

- Histoire de la compensation en droit Romain**, par C. APPLETON, professeur à la Faculté de Lyon. 1 vol. in-8° : . . . 7 fr. 50
- Sur la représentation des courbes algébriques**, par Léon AUTONNE, ingénieur des ponts et chaussées, maître de conférences à la Faculté de Lyon. 1 vol. in-8° . . . 3 fr.
- La République des Provinces-Unies, la France et les Pays-Bas espagnols, de 1630 à 1650**, par A. WADDINGTON, professeur adjoint à la Faculté des lettres de Lyon. Tome I (1630-1642). 1 vol. in-8° . . . 6 fr.
- Phonétique historique et comparée du sanscrit et du zend**, par PAUL REGNAUD, professeur de sanscrit et de grammaire comparée à la Faculté des lettres de Lyon. 1 vol. in-8° . . . 5 fr.
- Recherches sur quelques dérivés surchlorés du phénol et du benzène**, par ÉTIENNE BARRAL, chargé des fonctions d'agrégé à la Faculté de Lyon, pharmacien de 1^{re} classe. 1 vol. in-8°. 5 fr.
- Saint Ambroise et la morale chrétienne au IV^e siècle**, par RAYMOND THAMIN, professeur de philosophie au lycée Condorcet. 1 vol. in-8° . . . 7 fr. 50
- Étude sur le Bilharzia hæmatobia et la Bilharziose**, par M. LORTET, doyen de la Faculté de médecine de Lyon, et VIALLETON, professeur à la Faculté de médecine de Lyon. 1 vol. in-8° avec planches et figures dans le texte. . . . 40 fr.
- La Jeunesse de William Wordsworth (1770-1798). Étude sur le « Prélude »**, par EMILE LEGOUIS, maître de conférences à la Faculté des lettres de Lyon. 1 vol. in-8° . . . 7 fr. 50
- La Botanique à Lyon avant la Révolution et l'histoire du Jardin botanique municipal de cette ville**, par M. GÉRARD, professeur à la Faculté des sciences de Lyon. 1 vol. in-8° avec figures dans le texte . . . 3 fr. 50
- L'Évolution d'un Mythe. Açvins et Dioscures**, par CH. RENEL, docteur ès lettres.
- Physiologie comparée de la Marmotte**, par RAPHAEL DUBOIS, professeur de physiologie générale et comparée à l'Université de Lyon. 1 vol. in-8° avec 119 figures dans le texte et 125 planches hors texte. . . . 15 fr.
- Résultats scientifiques de la campagne du Caudan dans le golfe de Gascogne (août-septembre 1895)**, par R. KÖHLER, professeur de zoologie à la Faculté des sciences de Lyon. Fascicule I et II, in-8° avec planches ; chaque fascicule. . . . 6 fr.
- Études sur les terrains tertiaires du Dauphiné, de la Savoie et de la Suisse occidentale**, par H. DOUXAMI, docteur ès sciences, agrégé de l'Université de Lyon. 1 vol. in-8° avec figures. 6 fr.
- Recherches physiologiques sur l'appareil respiratoire des oiseaux**, par J.-M. SOUM, docteur ès sciences naturelles. 1 vol. in-8° avec 40 figures dans le texte. . . . 3 fr. 50

VIENT DE PARAÎTRE

Chimie

des Matières colorantes

PAR

A. SEYEWETZ

Chef des travaux
à l'École de chimie industrielle de Lyon

P. SISLEY

Chimiste - Coloriste

Les auteurs, dans cette importante publication, se sont proposé de réunir sous la forme la plus rationnelle et la plus condensée tous les éléments pouvant contribuer à l'enseignement de la chimie des matières colorantes, qui a pris aujourd'hui une extension si considérable.

Cet ouvrage est, par le plan sur lequel il est conçu, d'une utilité incontestable non seulement aux chimistes se destinant soit à la fabrication des matières colorantes, soit à la teinture, mais à tous ceux qui sont désireux de se tenir au courant de ces remarquables industries.

Conditions de la publication. — La Chimie des Matières colorantes artificielles est publiée en cinq fascicules de deux mois en deux mois. On peut souscrire à l'ouvrage complet au prix de 25 fr., payables en recevant le premier fascicule. A partir de la publication du cinquième fascicule, ce prix sera porté à 30 fr.

Premier fascicule. — *Considérations générales. Matières colorantes nitrées. Matières colorantes azoxyques. Matières colorantes azoïques* (1^{re} partie), 152 pages. 6 fr.

Deuxième fascicule. — *Matières colorantes azoïques* (2^e partie). *Matières colorantes hydrazoniques. Matières colorantes nitrosées et quinomes oximes. Oxiquinomes* (couleurs dérivées de l'anthracène). Pages 153 à 336. 6 fr.

Troisième fascicule. — *Matières colorantes dérivées du Di et du Triphénylméthane.* a) *Dérivés du Diphénylméthane.* b) *Dérivés de la Rosaniline.* c) *Dérivés de l'Acide Rosolique.* d) *Rosamines et Benzoines.* e) *Phtaléines*, pages 336 à 472. 6 fr.

Traité

des

Matières colorantes

ORGANIQUES ET ARTIFICIELLES

de leur préparation industrielle et de leurs applications

PAR

Léon LEFÈVRE

Ingénieur (E. I. R.), Préparateur de chimie à l'École Polytechnique.

Préface de E. GRIMAUX, membre de l'Institut.

2 volumes grand in-8° comprenant ensemble 1650 pages, reliés toile anglaise, avec 31 gravures dans le texte et 261 échantillons.

Prix des deux volumes : 90 francs.

Le *Traité des matières colorantes* s'adresse à la fois au monde scientifique par l'étude des travaux réalisés dans cette branche si compliquée de la chimie, et au public industriel par l'exposé des méthodes rationnelles d'emploi des colorants nouveaux.

L'auteur a réuni dans des tableaux qui permettent de trouver facilement une couleur quelconque, toutes les couleurs indiquées dans les mémoires et dans les brevets. La partie technique contient, avec l'indication des brevets, les procédés employés pour la fabrication des couleurs, la description et la figure des appareils, ainsi que la description des procédés rationnels d'application des couleurs les plus récentes. Cette partie importante de l'ouvrage est illustrée par un grand nombre d'échantillons teints ou imprimés. Les échantillons, tous fabriqués spécialement pour l'ouvrage, sont sur soie, sur cuir, sur laine, sur coton et sur papier. Dans cette partie technique, l'auteur a été aidé par les plus éminents praticiens.

Un spécimen de 8 pages, contenant deux pages de tableaux (couleurs azoïques), six types d'échantillons, deux pages de texte et un extrait de la table alphabétique, est à la disposition de toute personne qui en fait la demande.

VIENT DE PARAÎTRE**PASTEUR****Histoire d'un Esprit**Par **E. DUCLAUX**Membre de l'Institut de France, Professeur à la Sorbonne.
Directeur de l'Institut Pasteur.

1 volume in-8 de 400 pages avec 22 figures

5 fr.

EXTRAIT DE LA PRÉFACE DE L'AUTEUR

... C'est moins pour faire un panégyrique que pour en tirer un enseignement que j'ai essayé d'écrire son histoire, dans laquelle je laisse de côté tout ce qui est relatif à l'homme pour ne parler que du savant. J'ai voulu, dans l'ensemble comme dans le détail, faire la genèse de ses découvertes, estimant qu'il n'avait rien à perdre de cette analyse, et que nous avions beaucoup à gagner.

VIENT DE PARAÎTRE**Loi des Équivalents****et Théorie nouvelle de la Chimie**Par **Gustave MARQFOY**

1 volume in-8 de xxxii-712 pages..

7 fr. 50

En considérant les divers éléments du monde physique, l'auteur a été naturellement amené à étudier la matière. Comme synthèse de cette étude, il a acquis la conviction que la matière est une. En faisant, dès lors, sur la loi de la formation des corps, la seule hypothèse qui lui ait paru simple et rationnelle, il a découvert la loi naturelle qui enchaîne les équivalents de la chimie dans une formule arithmétique. Après avoir exposé la loi suivant laquelle tous les corps ont été formés, M. Marqfoy établit la théorie constitutive des corps, basée sur l'hypothèse que la matière est une. La concordance des formules et des lois trouvées par cette théorie avec les expériences de la physique et de la chimie confirment la vérité de l'hypothèse.

Envoi *franco* contre mandat-poste ou valeur sur Paris.

TRAITÉ

DE

MÉCANIQUE RATIONNELLE

PAR

PAUL APPELL,

Membre de l'Institut, Professeur à la Faculté des Sciences.

TROIS BEAUX VOLUMES GRAND IN-8, AVEC FIGURES, SE VENDANT
SÉPARÉMENT :

- TOME I : Statique. Dynamique du point, avec 178 figures; 1893..... 16 fr.
TOME II : Dynamique des systèmes. Mécanique analytique, avec 99 figures;
1896..... 16 fr.
TOME III : Hydrostatique. Hydrodynamique..... (*Sous presse.*)

Ce *Traité* est le résumé des Leçons que l'Auteur fait depuis plusieurs années à la Faculté des Sciences de Paris sur le programme de la Licence. Comme la Mécanique était, jusqu'à présent, à peine enseignée dans les Lycées, on ne suppose chez le lecteur aucune connaissance de cette science et l'on commence par l'exposition des notions préliminaires indispensables, théorie des vecteurs, cinématique du point et du corps solide, principes de la Mécanique, travail des forces. Vient ensuite la Mécanique proprement dite, divisée en Statique et Dynamique.

Ce qui fait le caractère distinctif de cet Ouvrage et ce qui justifiera la publication d'une nouvelle Mécanique rationnelle après tant d'autres excellents *Traités*, c'est l'introduction de la Mécanique analytique dans les commencements mêmes du Cours. Au lieu de reléguer les méthodes de Lagrange à la fin et d'en faire une exposition entièrement séparée, l'Auteur a essayé de les introduire dans le courant de l'Ouvrage.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS ET FILS

LEÇONS DE CHIMIE

(à l'usage des *Élèves de Mathématiques spéciales*)

(NOTATION ATOMIQUE)

PAR

Henri GAUTIER et **Georges CHARPY**,
Docteurs ès Sciences, anciens *Élèves de l'École Polytechnique*.

2^e édition entièrement refondue.

Un beau volume grand in-8, avec 92 figures; 1894..... 9 fr.

COURS DE LA FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS.

LEÇONS

SUR LES

APPLICATIONS GÉOMÉTRIQUES DE L'ANALYSE

(ÉLÉMENTS DE LA THÉORIE DES COURBES ET DES SURFACES),

Par **Louis RAFFY**,

Chargé de Cours à la Faculté des Sciences,
Maître de Conférences à l'École Normale supérieure.

1 VOLUME GRAND IN-8, AVEC FIGURES; 1897..... 7 FR. 50 C.

LEÇONS NOUVELLES

D'ANALYSE INFINITÉSIMALE

ET SES APPLICATIONS GÉOMÉTRIQUES.

Par **M. MÉRAY**,

Professeur à la Faculté des Sciences de Dijon.

(Ouvrage honoré d'une souscription du Ministère de l'Instruction publique.)

4 VOLUMES GRAND IN-8, SE VENDANT SÉPARÉMENT :

- | | |
|---|-------------------------|
| I ^{re} PARTIE : Principes généraux; 1894..... | 13 fr. |
| II ^e PARTIE : Étude monographique des principales fonctions d'une variable; 1895..... | 14 fr. |
| III ^e PARTIE : Questions analytiques classiques; 1897..... | 6 fr. |
| IV ^e PARTIE : Applications géométriques..... | (<i>Sous presse.</i>) |

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS ET FILS

TRAITÉ D'OPTIQUE

Par M. E. MASCART,

Membre de l'Institut, Professeur au Collège de France, Directeur du Bureau Central Météorologique.

3 BEAUX VOLUMES, GRAND IN-8, AVEC ATLAS, SE VENDANT SÉPARÉMENT.

TOME I : Systèmes optiques. Interférences. Vibration. Diffraction. Polarisation. Double réfraction. Avec 199 figures et 2 planches; 1889..... 20 fr.

TOME II et ATLAS : Propriété des cristaux. Polarisation rotatoire. Réflexion vitrée. Réflexion métallique. Réflexion cristalline. Polarisation chromatique. Avec 113 figures et Atlas contenant 2 belles planches sur cuivre dont une en couleur (Propriété des cristaux. Coloration des cristaux par les interférences); 1891..... 25 fr.

TOME III : Polarisation par diffraction. Propagation de la lumière. Photométrie. Réfractions astronomiques. Un très fort volume avec 83 figures; 1893... 20 fr.

LEÇONS

SUR L'ÉLECTRICITÉ ET LE MAGNÉTISME

Par M. DUHEM,

Maître de Conférences à la Faculté des Sciences de Lille.

3 VOLUMES GRAND IN-8, SE VENDANT SÉPARÉMENT :

TOME I : Conducteurs à l'état permanent, avec 112 figures; 1891..... 16 fr.

TOME II : Les aimants et les corps diélectriques, avec 32 figures; 1892. 14 fr.

TOME III : Courants linéaires, avec 71 figures; 1892..... 15 fr.

LEÇONS DE PHYSIQUE GÉNÉRALE

COURS PROFESSÉ A L'ÉCOLE CENTRALE DES ARTS ET MANUFACTURES
ET COMPLÉTÉ SUIVANT LE PROGRAMME DE LA LICENCE ÈS SCIENCES PHYSIQUES;

PAR

J. CHAPPUIS,

Agrégé Docteur ès Sciences,
Professeur de Physique générale
à l'École Centrale.

A. BERGET,

Docteur ès Sciences,
Attaché au Laboratoire des recherches
physiques à la Sorbonne.

3 VOLUMES GRAND IN-8, SE VENDANT SÉPARÉMENT :

TOME I : Instruments de mesure. Chaleur. Avec 175 figures; 1891..... 13 fr.

TOME II : Électricité et Magnétisme. Avec 305 figures; 1891..... 13 fr.

TOME III : Acoustique. Optique; Electro-optique. Avec 193 figures; 1892... 10 fr.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS ET FILS

COURS DE LA FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS

TRAITÉ D'ANALYSE

PAR

ÉMILE PICARD,

Membre de l'Institut, Professeur à la Faculté des Sciences.

4 VOLUMES IN-8, AVEC FIGURES, SE VENDANT SÉPARÉMENT :

TOME I : Intégrales simples et multiples. — L'équation de Laplace et ses applications. Développement en séries. — Applications géométriques du Calcul infinitésimal. 1891..... 15 fr.

TOME II : Fonctions harmoniques et fonctions analytiques. — Introduction à la théorie des équations différentielles. Intégrales abéliennes et surfaces de Riemann. 1893..... 15 fr.

TOME III : Des singularités des intégrales des équations différentielles. Étude du cas où la variable reste réelle et des courbes définies par des équations différentielles. Equations linéaires; analogies entre les équations algébriques et les équations linéaires. 1896..... 18 fr.

TOME IV : Équations aux dérivées partielles..... (En préparation.)

Le premier Volume commence par les parties les plus élémentaires du Calcul intégral et ne suppose chez le lecteur aucune autre connaissance que les éléments du Calcul différentiel, aujourd'hui classiques dans les Cours de Mathématiques spéciales. Dans la première Partie, l'Auteur expose les éléments du Calcul intégral, en insistant sur les notions d'intégrale curviligne et d'intégrale de surface, qui jouent un rôle si important en Physique mathématique. La seconde Partie traite d'abord de quelques applications de ces notions générales; au lieu de prendre des exemples sans intérêt, l'Auteur a préféré développer la théorie de l'équation de Laplace et les propriétés fondamentales du potentiel. On y trouvera ensuite l'étude de quelques développements en séries, particulièrement des séries trigonométriques. La troisième Partie est consacrée aux applications géométriques du Calcul infinitésimal.

Les Volumes suivants sont consacrés surtout à la théorie des équations différentielles à une ou plusieurs variables; mais elle est entièrement liée à plus d'une autre théorie qu'il est nécessaire d'approfondir. Pour ne citer qu'un exemple, l'étude préliminaire des fonctions algébriques est indispensable quand on veut s'occuper de certaines classes d'équations différentielles. L'Auteur ne se borne donc pas à l'étude des équations différentielles; ses recherches rayonnent autour de ces centres.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS ET FILS

COURS DE PHYSIQUE

DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE,

Par M. J. JAMIN.

QUATRIÈME ÉDITION, AUGMENTÉE ET ENTIÈREMENT REFOUNDUE

Par M. E. BOUTY,

Professeur à la Faculté des Sciences de Paris.

Quatre tomes in-8, de plus de 4000 pages, avec 1587 figures et 14 planches sur acier, dont 2 en couleur; 1885-1891. (OUVRAGE COMPLET)..... 72 fr.

On vend séparément :

TOME I. — 9 fr.

- (*) 1^{er} fascicule. — *Instruments de mesure. Hydrostatique*; avec 150 figures et 1 planche..... 5 fr.
- 2^e fascicule. — *Physique moléculaire*; avec 93 figures... 4 fr.

TOME II. — CHALEUR. — 15 fr.

- (*) 1^{er} fascicule. — *Thermométrie, Dilatations*; avec 98 fig. 5 fr.
- (*) 2^e fascicule. — *Calorimétrie*; avec 48 fig. et 2 planches... 5 fr.
- 3^e fascicule. — *Thermodynamique. Propagation de la chaleur*; avec 47 figures..... 5 fr.

TOME III. — ACOUSTIQUE; OPTIQUE. — 22 fr.

- 1^{er} fascicule — *Acoustique*; avec 123 figures..... 4 fr.
- (*) 2^e fascicule. — *Optique géométrique*; avec 139 figures et 3 planches..... 4 fr.
- 3^e fascicule. — *Étude des radiations lumineuses, chimiques et calorifiques; Optique physique*; avec 249 fig. et 5 planches, dont 2 planches de spectres en couleur..... 14 fr.

TOME IV (1^{re} Partie). — ÉLECTRICITÉ STATIQUE ET DYNAMIQUE. — 13 fr.

- 1^{er} fascicule. — *Gravitation universelle. Électricité statique*; avec 155 figures et 1 planche..... 7 fr.
- 2^e fascicule. — *La pile. Phénomènes électrothermiques et électrochimiques*; avec 161 figures et 1 planche..... 6 fr.

(*) Les matières du programme d'admission à l'École Polytechnique sont comprises dans les parties suivantes de l'Ouvrage : Tome I, 1^{er} fascicule; Tome II, 1^{er} et 2^e fascicules; Tome III, 2^e fascicule

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS ET FILS

TOME IV (2^e Partie). — MAGNÉTISME; APPLICATIONS. — 13 fr.

3^e fascicule. — *Les aimants. Magnétisme. Électromagnétisme. Induction*; avec 240 figures..... 8 fr.

4^e fascicule. — *Météorologie électrique; applications de l'électricité. Théories générales*; avec 84 figures et 1 planche..... 5 fr.

TABLES GÉNÉRALES.

Tables générales, par ordre de matières et par noms d'auteurs des quatre volumes du Cours de Physique. In-8; 1891... 60 c.

Des suppléments destinés à exposer les progrès accomplis viendront compléter ce grand Traité et le maintenir au courant des derniers travaux.

1^{er} SUPPLÉMENT. — *Chaleur. Acoustique. Optique*, par E. BOUTY, Professeur à la Faculté des Sciences. In-8, avec 41 fig.; 1896. 3 fr. 50 c.

D^r H. EBERT,

PROFESSEUR ORDINAIRE DE PHYSIQUE A L'UNIVERSITÉ DE KIEL.

GUIDE POUR LE SOUFLAGE DU VERRE,

TRADUIT SUR LA DEUXIÈME ÉDITION ET ANNOTÉ

Par P. LUGOL,

Professeur de Physique au Lycée de Clermont-Ferrand,
Chargé de conférences à la Faculté des Sciences.

Un volume in-18 jésus, avec 63 figures; 1897..... 3 fr.

LEÇONS SUR L'ÉLECTRICITÉ

PROFESSÉES A L'INSTITUT ÉLECTROTECHNIQUE MONTEFIORE
ANNEXÉ A L'UNIVERSITÉ DE LIÈGE,

Par M. Eric GÉRARD.

Directeur de l'Institut Électrotechnique Montefiore.

5^e ÉDITION, REFONDUE ET COMPLÉTÉE.

TOME I : Théorie de l'Électricité et du Magnétisme. Électrométrie. Théorie et construction des générateurs et des transformateurs électriques, avec 381 figures; 1897..... 12 fr.

TOME II : Canalisation et distribution de l'énergie électrique. Application de l'électricité à la production et à la transmission de la puissance motrice, à la traction, à la télégraphie et à la téléphonie, à l'éclairage et à la métallurgie..... (Sous presse.)

MESURES ÉLECTRIQUES

LECONS PROFESSÉES A L'INSTITUT ÉLECTROTECHNIQUE MONTEFIORE
ANNEXÉ A L'UNIVERSITÉ DE LIÈGE,

Par M. Eric GÉRARD,

Directeur de l'Institut Électrotechnique Montefiore, Ingénieur principal des Télégraphes,
Professeur à l'Université de Liège.

Grand in-8, 450 pages, 198 figures; cartonné toile anglaise... 12 fr.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS ET FILS

LES RADIATIONS NOUVELLES.

LES RAYONS X

ET LA PHOTOGRAPHIE A TRAVERS LES CORPS OPAQUES,

PAR

Ch.-Éd. GUILLAUME,

Docteur ès Sciences,

Adjoint au Bureau international des Poids et Mesures.

DEUXIÈME ÉDITION.

UN VOLUME IN-8 DE VIII-150 PAGES, AVEC 22 FIGURES ET 8 PLANCHES ;
1897..... 3 fr.

Les Rayons X sont toujours à l'ordre du jour et notre curiosité est loin d'être satisfaite à leur égard. La première édition de l'Ouvrage de *M. Ch.-Éd. Guillaume* a été épuisée en quelques jours. La deuxième, qui vient de paraître, sera bien accueillie des Physiciens et des Photographes. L'Auteur fait connaître en détail la genèse de cette merveilleuse découverte, ainsi que les résultats qu'on en a tirés. Il décrit minutieusement le manuel opératoire à employer pour obtenir des résultats satisfaisants. Cette brochure servira de guide aux opérateurs désireux d'arriver sans trop de tâtonnements à de bons résultats.

Le côté théorique de la question n'est point négligé, et M. Ch.-Éd. Guillaume a rappelé un grand nombre d'expériences antérieures, de « faits contingents » sans lesquels les nouveaux phénomènes resteraient isolés et incompréhensibles.

L'Ouvrage in-8°, de 150 pages, contient de nombreuses reproductions en photographie de clichés originaux obtenus par MM. J. Chapuis, V. Chabaud, Londe, Imbert et Bertin-Sans, qui ont bien voulu les prêter à l'Auteur.

L'ensemble forme un Volume qui intéressera tous ceux qui aiment à se « rendre compte » de tout de qui se passe autour des *Rayons X*.

ÉCOLE PRATIQUE DE PHYSIQUE

EXERCICES DE PHYSIQUE,

ET APPLICATIONS.

PRÉPARATOIRES A LA LICENCE.

Par **M. Aimé WITZ,**

Professeur à la Faculté libre des Sciences de Lille.

Un volume in-8, avec 114 figures ; 1889..... 12 fr.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS ET FILS

ÉCOLE PRATIQUE DE PHYSIQUE

COURS ÉLÉMENTAIRE

DE MANIPULATIONS DE PHYSIQUE,

Par M. Aimé WITZ,

Docteur es Sciences, Ingénieur des Arts et Manufactures,
Professeur aux Facultés catholiques de Lille,

A L'USAGE DES CANDIDATS AUX ÉCOLES ET AU CERTIFICAT DES ÉTUDES
PHYSIQUES, CHIMIQUES ET NATURELLES. (P. C. N.)

2^e ÉDITION, REVUE ET AUGMENTÉE. IN-8, AVEC 77 FIGURES; 1895. 5 FR.

Le succès de la première édition de cet Ouvrage, épuisé aujourd'hui et toujours demandé, a prouvé que sa rédaction convenait bien aux besoins des élèves: nous avons donc prié l'Auteur de donner une nouvelle édition de son Cours en conservant le mode d'exposition qu'il avait adopté, et qu'on avait tant apprécié. Le texte a été revu et soigneusement corrigé.

Mais les progrès de l'enseignement de la Physique ont été considérables en dix ans, et M. Witz nous a demandé d'enrichir son *Cours de Manipulations* d'un certain nombre d'exercices nouveaux: il fallait dès lors partager l'Ouvrage en deux Volumes. Le premier, plus élémentaire, est destiné aux candidats à certaines Ecoles et en particulier aux étudiants du Certificat des Etudes physiques, chimiques et naturelles; le second répond plus spécialement aux exigences de l'Enseignement supérieur et est destiné aux candidats à la Licence et à l'Agrégation.

Le premier Volume a déjà reçu le meilleur accueil du public.

Le Cours supérieur paraîtra très prochainement.

PRINCIPES

DE LA

THÉORIE DES FONCTIONS ELLIPTIQUES

ET APPLICATIONS,

PAR

P. APPELL,

Membre de l'Institut, Professeur
à l'Université de Paris.

E. LACOUR,

Maître de Conférences à l'Université
de Nancy.

UN BEAU VOLUME GRAND IN-8, AVEC FIGURES; 1897... 12 FR.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS ET FILS

ENCYCLOPÉDIE DES TRAVAUX PUBLICS

ET ENCYCLOPÉDIE INDUSTRIELLE

Fondées par M.-C. LECHALAS, Inspecteur général des Ponts et Chaussées.

TRAITÉ DES MACHINES A VAPEUR

RÉDIGÉ CONFORMÉMENT AU PROGRAMME DU COURS DE MACHINES A VAPEUR
DE L'ÉCOLE CENTRALE.

PAR

ALHEILIG,

Ingénieur de la Marine,

Ex-Professeur à l'École d'application
du Génie maritime.

Camille ROCHE,

Industriel,

Ancien Ingénieur de la Marine.

2 BEAUX VOLUMES GRAND IN-8, SE VENDANT SÉPARÉMENT (E. I.) :

TOME I : Thermodynamique théorique et applications. La machine à vapeur et les métaux qui y sont employés. Puissance des machines, diagrammes indicateurs. Freins. Dynamomètres. Calcul et dispositions des organes d'une machine à vapeur. Régulation, épures de détente et de régulation. Théorie des mécanismes de distribution, détente et changement de marche. Condensation, alimentation. Pompes de service. — Volume de XI-604 pages, avec 412 figures ; 1895. 20 fr.

TOME II : Forces d'inertie. Moments moteurs. Volants régulateurs. Description et classification des machines. Machines marines. Moteurs à gaz, à pétrole et à air chaud. Graissage, joints et presse-étoupes. Montage des machines et essais des moteurs. Passation des marchés. Prix de revient, d'exploitation et de construction. Servo-moteurs. Tables numériques. — Volume de IV-560 pages, avec 281 figures ; 1895. 18 fr.

CHEMINS DE FER

MATÉRIEL ROULANT. RÉSISTANCE DES TRAINS. TRACTION.

PAR

E. DEHARME,

Ingénieur principal du Service central
de la Compagnie du Midi.

A. PULIN,

Ingénieur, Inspecteur principal
de l'Atelier central des chemins de fer
du Nord.

Un volume grand in-8, XXII-441 pages, 95 figures, 1 planche ; 1895 (E. I.). 15 fr.

VERRE ET VERRERIE

PAR

Léon APPERT et Jules HENRIVAUX.

Ingénieurs.

Grand in-8, avec 130 figures et 1 atlas de 14 planches ; 1894 (E. I.) 20 fr.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS ET FILS

COURS DE CHEMINS DE FER

PROFESSÉ A L'ÉCOLE NATIONALE DES PONTS ET CHAUSSÉES,

Par **M. C. BRICKA,**

Ingénieur en chef de la voie et des bâtiments aux Chemins de fer de l'État.

2 VOLUMES GRAND IN-8; 1894 (E. T. P.)

TOME I : Études. — Construction. — Voie et appareils de voie. — Volume de viii-634 pages avec 326 figures; 1894 20 fr.

TOME II : Matériel roulant et Traction. — Exploitation technique. — Tarifs. — Dépenses de construction et d'exploitation. — Régime des concessions. — Chemins de fer de systèmes divers. — Volume de 709 pages, avec 177 figures; 1894 20 fr.

COUVERTURE DES ÉDIFICES

ARDOISES, TUILES, MÉTAUX, MATIÈRES DIVERSES,

Par **M. J. DENFER,**

Architecte, Professeur à l'École Centrale.

UN VOLUME GRAND IN-8, AVEC 429 FIG.; 1893 (E. T. P.).. 20 FR.

CHARPENTERIE MÉTALLIQUE

MENUISERIE EN FER ET SERRURERIE,

Par **M. J. DENFER,**

Architecte, Professeur à l'École Centrale.

2 VOLUMES GRAND IN-8; 1894 (E. T. P.).

TOME I : Généralités sur la fonte, le fer et l'acier. — Résistance de ces matériaux. — Assemblages des éléments métalliques. — Chainages, linteaux et poitrails. — Planchers en fer. — Supports verticaux. Colonnes en fonte. Poteaux et piliers en fer. — Grand in-8 de 584 pages avec 479 figures; 1894 20 fr.

TOME II : Pans métalliques. — Combles. — Passerelles et petits ponts. — Escaliers en fer. — Serrurerie. (Ferremets des charpentes et menuiseries. Paratonnerres. Clôtures métalliques. Menuiserie en fer. Serres et vérandas). — Grand in-8 de 626 pages avec 571 figures; 1894 20 fr.

ÉLÉMENTS ET ORGANES DES MACHINES

Par **M. Al. GOULLY,**

Ingénieur des Arts et Manufactures.

GRAND IN-8 DE 406 PAGES, AVEC 710 FIG.; 1894 (E. I.) . . . 12 FR.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS ET FILS

LE VIN ET L'EAU-DE-VIE DE VIN.

Par **Henri DE LAPPARENT**,

Inspecteur général de l'Agriculture.

INFLUENCE DES CÉPAGES, DES CLIMATS, DES SOLS, ETC., SUR LA QUALITÉ DU VIN, VINIFICATION, CUVERIE ET CHAIS, LE VIN APRÈS LE DÉCUVAGE, ÉCONOMIE, I.ÉGISLATION.

GRAND IN-8 DE XII-533 PAGES, AVEC 111 FIG. ET 28 CARTES DANS LE TEXTE; 1895 (E. I.)... .. 12 FR.

CONSTRUCTION PRATIQUE des NAVIRES de GUERRE

Par **M. A. CRONEAU**,

Ingénieur de la Marine,

Professeur à l'École d'application du Génie maritime.

2 VOLUMES GRAND IN-8 ET ATLAS; 1894 (E. I.).

TOME I : Plans et devis. — Matériaux. — Assemblages. — Différents types de navires. — Charpente. — Revêtement de la coque et des ponts. — Gr. in-8 de 379 pages avec 305 fig. et un Atlas de 11 pl. in-4° doubles, dont 2 en trois couleurs; 1894. 18 fr.

TOME II : Compartimentage. — Cuirassement. — Pavois et garde-corps. — Ouvertures pratiquées dans la coque, les ponts et les cloisons. — Pièces rapportées sur la coque. — Ventilation. — Service d'eau. — Gouvernails. — Corrosion et salissure. — Poids et résistance des coques. — Grand in-8 de 616 pages avec 359 fig.; 1894. 15 fr.

PONTS SOUS RAILS ET PONTS-ROUTES A TRAVÉES
MÉTALLIQUES INDÉPENDANTES.

FORMULES, BARÈMES ET TABLEAUX

Par **Ernest HENRY**,

Inspecteur général des Ponts et Chaussées.

UN VOLUME GRAND IN-8, AVEC 267 FIG.; 1894 (E. T. P.) 20 FR.

Calculs rapides pour l'établissement des projets de ponts métalliques et pour le contrôle de ces projets, sans emploi des méthodes analytiques ni de la statique graphique (économie de temps et certitude de ne pas commettre d'erreurs).

TRAITÉ DES INDUSTRIES CÉRAMIQUES

TERRES CUITES.

PRODUITS RÉFRACTAIRES. FAÏENCES. GRÈS. PORCELAINES.

Par **E. BOURRY**,

Ingénieur des Arts et Manufactures.

GRAND IN-8, DE 755 PAGES, AVEC 349 FIG.; 1897 (E. I.) 20 FR.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS ET FILS

BLANCHIMENT ET APPRÊTS
TEINTURE ET IMPRESSION

PAR

Ch.-Er. GUIGNET,

Directeur des teintures aux Manufactures nationales des Gobelins et de Beauvais.

F. DOMMER,

Professeur à l'École de Physique et de Chimie industrielles de la Ville de Paris.

E. GRANDMOUGIN,

Chimiste, ancien préparateur à l'École de Chimie de Mulhouse.

UN VOLUME GRAND IN-8 DE 674 PAGES, AVEC 368 FIGURES ET ÉCHANTILLONS DE TISSUS IMPRIMÉS; 1895 (E. I.)... .. 30 FR.

TRAITÉ DE CHIMIE ORGANIQUE APPLIQUÉE

Par M. A. JOANNIS,

Professeur à la Faculté des Sciences de Bordeaux,
Chargé de cours à la Faculté des Sciences de Paris.

2 VOLUMES GRAND IN-8 (E. I.).

TOME I : Généralités. Carbures. Alcools. Phénols. Éthers. Aldéhydes. Cétones. Quinones. Sucres. — Volume de 688 pages, avec figures; 1896,..... 20 fr.

TOME II : Hydrates de carbone. Acides monobasiques à fonction simple. Acides polybasiques à fonction simple. Acides à fonctions mixtes. Alcalis organiques. Amides. Nitriles. Carbylamines. Composés azoïques et diazoïques. Composés organo-métalliques. Matières albuminoïdes. Fermentations. Conservation des matières alimentaires. Volume de 718 pages, avec figures; 1896..... 15 fr.

MANUEL DE DROIT ADMINISTRATIF

SERVICE DES PONTS ET CHAUSSÉES ET DES CHEMINS VICINAUX,

Par M. Georges LECHALAS,

Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

2 VOLUMES GRAND IN-8, SE VENDANT SÉPARÉMENT. (E. T. P.)

TOME I : Notions sur les trois pouvoirs. Personnel des Ponts et Chaussées. Principes d'ordre financier. Travaux intéressant plusieurs services. Expropriations. Dommages et occupations temporaires. — Volume de CXLVII-536 pages; 1889..... 20 fr.

TOME II (1^{re} PARTIE) : Participation des tiers aux dépenses des travaux publics. Adjudications. Fournitures. Régie. Entreprises. Concessions. — Volume de VIII-399 pages; 1893..... 10 fr.

COURS DE GÉOMÉTRIE DESCRIPTIVE

ET DE GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE,

Par M. Maurice D'OCAGNE,

Ingénieur des Ponts et Chaussées, Professeur à l'École des Ponts et Chaussées,
Répétiteur à l'École Polytechnique,

UN VOLUME GRAND IN-8, DE XI-428 PAGES, AVEC 340 FIGURES; 1896 (E. T. P.)..... 12 FR.

BIBLIOTHÈQUE PHOTOGRAPHIQUE

La Bibliothèque photographique se compose de plus de 200 volumes et embrasse l'ensemble de la Photographie considérée au point de vue de la science, de l'art et des applications pratiques.

A côté d'Ouvrages d'une certaine étendue, comme le *Traité* de M. Davanne, le *Traité encyclopédique* de M. Fabre, le *Dictionnaire de Chimie photographique* de M. Fournier, la *Photographie médicale* de M. Londe, etc., elle comprend une série de monographies nécessaires à celui qui veut étudier à fond un procédé et apprendre les tours de main indispensables pour le mettre en pratique. Elle s'adresse donc aussi bien à l'amateur qu'au professionnel, au savant qu'au praticien.

TRAITÉ DE PHOTOGRAPHIE PAR LES PROCÉDÉS PELLICULAIRES,

Par M. George BALAGNY, Membre de la Société française de Photographie,
Docteur en droit.

2 volumes grand in-8, avec figures; 1880-1890.

On vend séparément :

TOME I : Généralités. Plaques souples. Théorie et pratique des trois développements au fer, à l'acide pyrogallique et à l'hydroquinone. 4 fr.

TOME II : Papiers pelliculaires. Applications générales des procédés pelliculaires. Phototypie. Contretypes. Transparents. 4 fr.

APPLICATIONS DE LA PHOTOGRAPHIE A LA MÉDECINE.

Par le Dr A. BURAIS.

In-4, avec figures et 6 planches, dont 1 en couleurs; 1896. 4 fr.

CE QU'IL FAUT SAVOIR POUR RÉUSSIR EN PHOTOGRAPHIE.

Par A. COURRÈGES, Praticien.

2^e édition, revue et augmentée. Petit in-8, avec 1 planche en photocollographie; 1896. 2 fr. 50 c.

LA PHOTOGRAPHIE. TRAITÉ THÉORIQUE ET PRATIQUE.

Par M. DAVANNE.

2 beaux volumes grand in-8, avec 234 fig. et 4 planches spécimens.. 32 fr.

On vend séparément :

I^{re} PARTIE : Notions élémentaires. — Historique. — Épreuves négatives. — Principes communs à tous les procédés négatifs. — Épreuves sur albumine, sur collodion, sur gélatinobromure d'argent, sur pellicules, sur papier. Avec 2 planches spécimens et 120 figures; 1886. 16 fr.

II^e PARTIE : Épreuves positives : aux sels d'argent, de platine, de fer, de chrome. — Épreuves par impressions photomécaniques. — Divers : Les couleurs en Photographie. Épreuves stéréoscopiques. Projections, agrandissements, micrographie. Réductions, épreuves microscopiques. Notions élémentaires de Chimie, vocabulaire. Avec 2 planches spécimens et 114 figures; 1888. 16 fr.

Un Supplément, mettant cet important Ouvrage au courant des derniers travaux, est en préparation.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS ET FILS

**LA TRIPLICE PHOTOGRAPHIQUE DES COULEURS
ET L'IMPRIMERIE.**

Système de Photochromographie LOUIS DUCOS DU HAURON.

Par ALCIDE DUCOS DU HAURON.

In-18 jésus de v-488 pages; 1897. 6 fr. 50 c.

TRAITÉ DE PHOTOGRAPHIE STÉRÉOSCOPIQUE.

Théorie et pratique; par M. A.-L. DONNADIEU, Docteur ès Sciences,
Professeur à la Faculté des Sciences de Lyon.

Grand in-8, avec Atlas de 20 planches stéréoscopiques en photocollogra-
phie; 1892. 9 fr.

TRAITÉ ENCYCLOPÉDIQUE DE PHOTOGRAPHIE,

Par M. C. FABRE, Docteur ès Sciences.

4 beaux vol. grand in-8, avec 724 figures et 2 planches; 1889-1891. 48 fr.

Chaque volume se vend séparément 14 fr.

Des suppléments destinés à exposer les progrès accomplis viendront compléter ce
Traité et le maintenir au courant des dernières découvertes.

1^{er} Supplément (A). Un beau vol. gr. in-8 de 400 p. avec 176 fig.; 1892. 14 fr.

Les 5 volumes se vendent ensemble. 60 fr.

DICTIONNAIRE PRATIQUE DE CHIMIE PHOTOGRAPHIQUE,

Contenant une *Étude méthodique des divers corps usités en Photographie*,
précédé de *Notions usuelles de Chimie* et suivi d'une description détaillée
des *Manipulations photographiques*;

Par M. H. FOURTIER.

Grand in-8, avec figures; 1892. 8 fr.

LES POSITIFS SUR VERRE.

Théorie et pratique. Les Positifs pour projections. Stéréoscopes et vitraux.
Méthodes opératoires. Coloriage et montage;

Par M. H. FOURTIER.

Grand in-8, avec figures; 1892. 4 fr. 50 c.

LA PRATIQUE DES PROJECTIONS.

Étude méthodique des appareils. Les accessoires. Usages et applications
diverses des projections. Conduite des séances;

Par M. H. FOURTIER.

2 vol. in-18 jésus.

TOME I. Les Appareils, avec 66 figures; 1892. 2 fr. 75 c.

TOME II. Les Accessoires. La Séance de projections, avec 67 fig.; 1893. 2 fr. 75 c.

LES LUMIÈRES ARTIFICIELLES EN PHOTOGRAPHIE.

Étude méthodique et pratique des différentes sources artificielles de lu-
mières, suivie de recherches inédites sur la puissance des photopoudres
et des lampes au magnésium;

Par M. H. FOURTIER.

Grand in-8, avec 19 figures et 8 planches; 1895. 4 fr. 50 c.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS ET FILS

TRAITÉ DE PHOTOGRAPHIE INDUSTRIELLE,

THÉORIE ET PRATIQUE,

Par Ch. FÉRY et A. BURAIS.

In-18 jésus, avec 94 figures et 9 planches; 1896..... 5 fr.

LE FORMULAIRE CLASSEUR DU PHOTO-CLUB DE PARIS.

Collection de formules sur fiches renfermées dans un élégant cartonnage et classées en trois Parties; *Phototypes, Photocopies et Photocalques, Notes et renseignements divers*, divisées chacune en plusieurs Sections;

Par MM. H. FOURTIER, BOURGEOIS et BUCQUET.

Première Série; 1892..... 4 fr.

Deuxième Série; 1894..... 3 fr. 50 c.

LA PHOTOGRAPHIE MÉDICALE.

Applications aux Sciences médicales et physiologiques;

Par M. A. LONDE.

Grand in-8, avec 80 figures et 19 planches; 1893..... 9 fr.

VIRAGES ET FIXAGES.

Traité historique, théorique et pratique;

Par M. P. MERCIER,

Chimiste, Lauréat de l'École supérieure de Pharmacie de Paris.

2 volumes in-18 jésus; 1892..... 5 fr.

On vend séparément:

I^{re} PARTIE: Notice historique. Virages aux sels d'or..... 2 fr. 75 c.

II^e PARTIE: Virages aux divers métaux. Fixages..... 2 fr. 75 c.

OPTIQUE PHOTOGRAPHIQUE

SANS DÉVELOPPEMENTS MATHÉMATIQUES,

Par le Dr A. MIETHE.

Traduit de l'allemand par A. NOAILLON et V. HASSREIDTER.

Grand in-8, avec 72 figures et 2 Tableaux; 1896..... 3 fr. 50 c.

NOTES SUR LA PHOTOGRAPHIE ARTISTIQUE.

TEXTE ET ILLUSTRATIONS

Par M. C. PUYO.

Plaquette de grand luxe, in-4^e raisin, avec 11 héliogravures de DUJARDIN et 39 phototypogravures dans le texte; 1896..... 10 fr.

Il reste quelques exemplaires numérotés, sur japon, avec planches également sur japon..... 20 fr.

Une planche spécimen est envoyée *franco* sur demande.

LA LINOTYPIC

ou Art de décorer photographiquement les étoffes pour faire des écrans, des éventails, des paravents, etc., menus photographiques;

Par M. L. TRANCHANT, rédacteur en chef de la *Photographie*.

In-18 jésus; 1896..... 1 fr. 25 c.

**TRAITÉ PRATIQUE
DES AGRANDISSEMENTS PHOTOGRAPHIQUES.**

Par M. E. TRUTAT.

2 volumes in-18 jésus, avec 112 figures 5 fr.

On vend séparément :

I^o PARTIE : Obtention des petits clichés ; avec 52 figures ; 1891 2 fr. 75 c.

II^o PARTIE : Agrandissements. 2^e édition, avec 60 figures ; 1897 2 fr. 75 c.

LES ÉPREUVES POSITIVES SUR PAPIERS ÉMULSIONNÉS.

Papiers chlorurés. Papiers bromurés. Fabrication. Tirage et développement. Virages. Formules diverses.

Par M. E. TRUTAT.

Un volume in-18 jésus ; 1896 2 fr.

LA PHOTOTYPOGRAVURE A DEMI-TEINTES.

Manuel pratique des procédés de demi-teintes, sur zinc et sur cuivre ;

Par M. Julius VERFASSER.

Traduit de l'anglais par M. E. COUSIN, Secrétaire-agent de la Société française de Photographie.

In-18 jésus, avec 56 figures et 3 planches ; 1895 3 fr.

LA PHOTOGRAPHIE DES COULEURS.

Sélection photographique des couleurs primaires. Son application à l'exécution de clichés et de tirages propres à la production d'images polychromes à trois couleurs ;

Par M. Léon VIDAL,

Officier de l'Instruction publique, Professeur à l'École nationale des Arts décoratifs.

In-18 jésus, avec 10 figures et 5 planches en couleurs ; 1897 2 fr. 75 c.

TRAITÉ PRATIQUE DE PHOTOLITHOGRAPHIE.

Photolithographie directe et par voie de transfert. Photozincographie. Photocollographie. Autographie. Photographie sur bois et sur métal à graver. Tours de main et formules diverses ;

Par M. Léon VIDAL.

In-18 jésus, avec 25 fig., 2 planches et spécimens de papiers autographiques ; 1893 6 fr. 50 c.

MANUEL PRATIQUE D'ORTHOCHROMATISME.

Par M. Léon VIDAL.

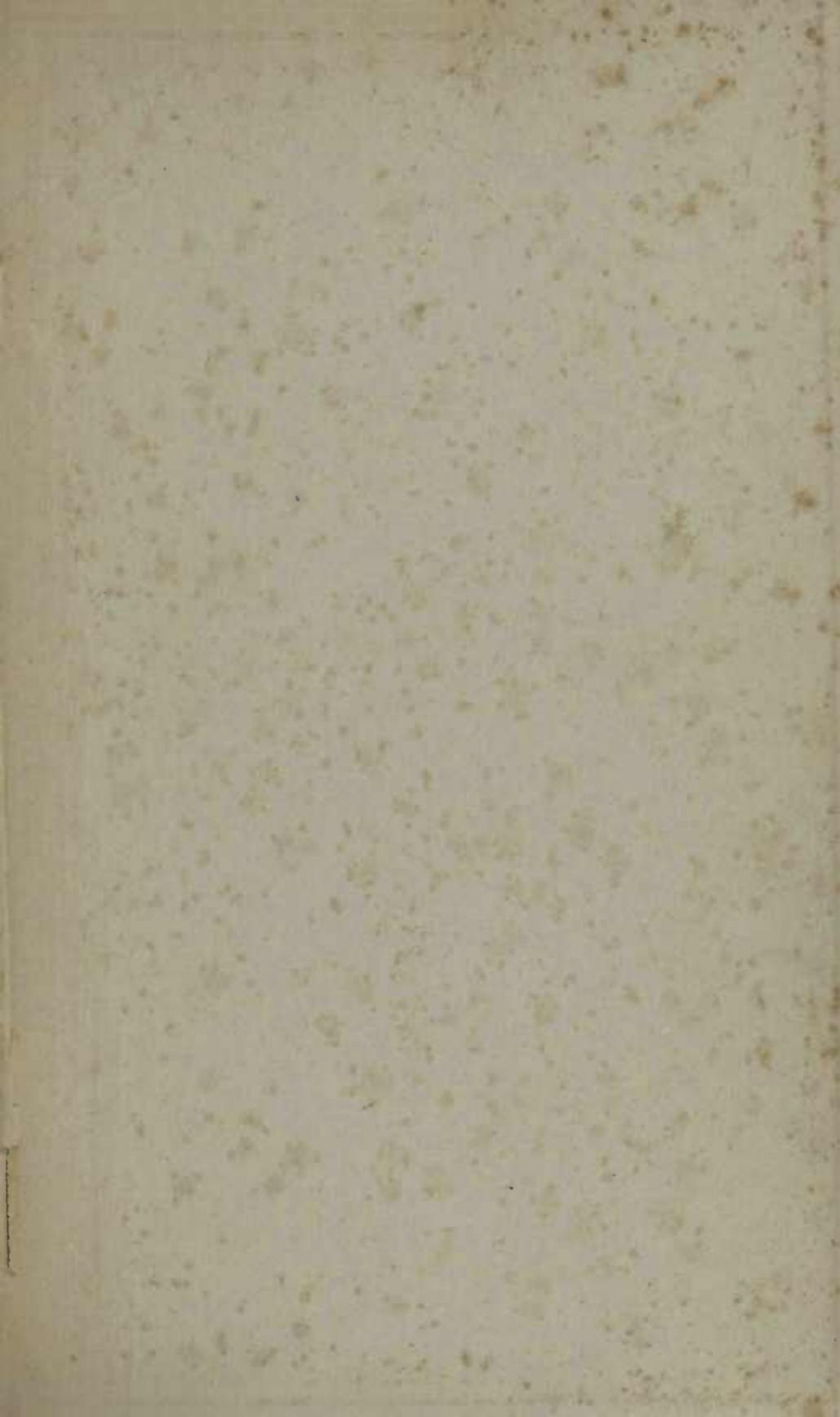
In-18 jésus, avec figures et 2 planches, dont une en photocollographie et un spectre en couleur ; 1891 2 fr. 75 c.

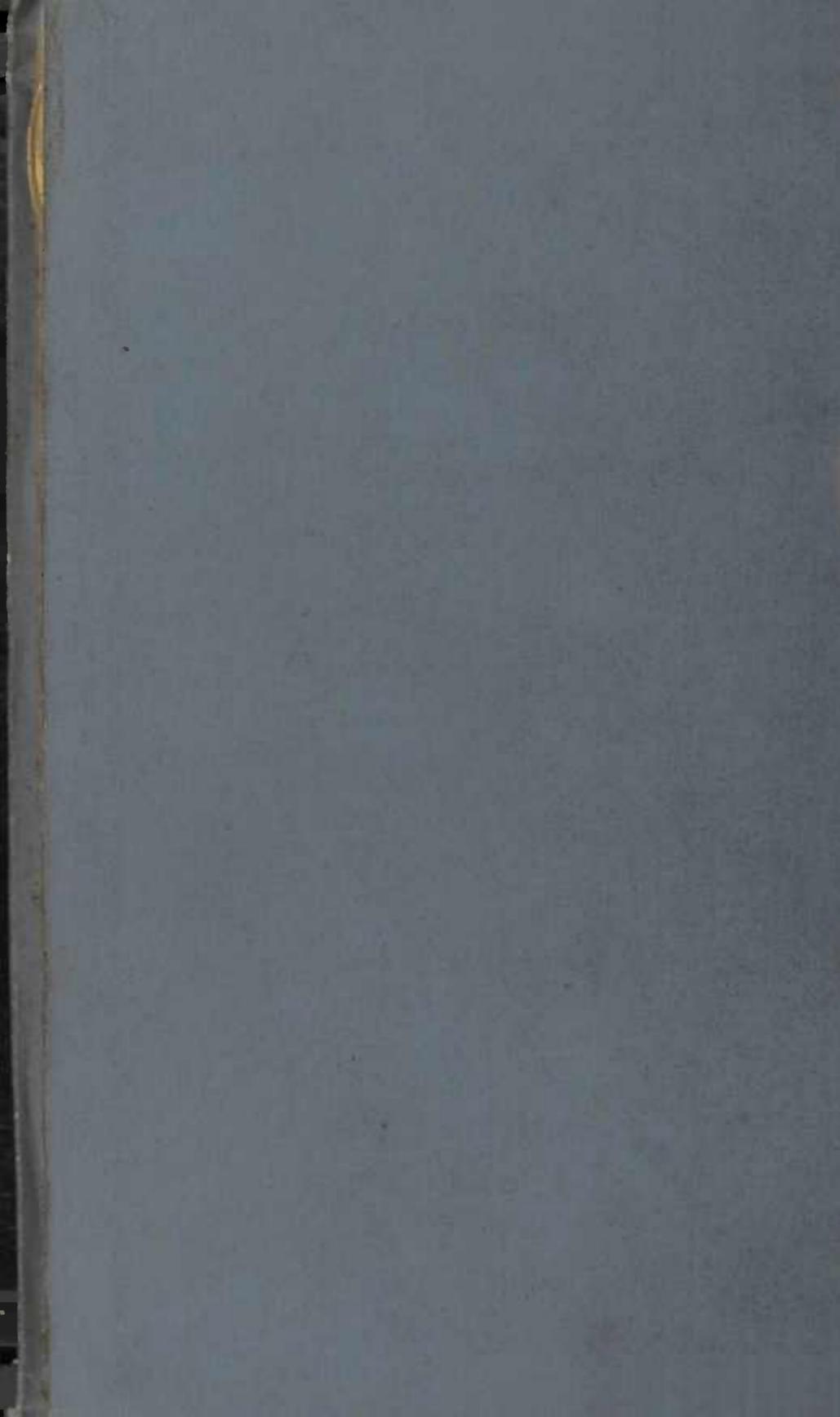
NOUVEAU GUIDE PRATIQUE DU PHOTOGRAPHE AMATEUR.

Par M. G. VIEUILLE.

3^e édition, refondue et beaucoup augmentée. In-18 jésus, avec figures ; 1892 2 fr. 75 c.

1985/1984
MAY 1985





ORIENTAÇÕES PARA O USO

Esta é uma cópia digital de um documento (ou parte dele) que pertence a um dos acervos que fazem parte da Biblioteca Digital de Obras Raras e Especiais da USP. Trata-se de uma referência a um documento original. Neste sentido, procuramos manter a integridade e a autenticidade da fonte, não realizando alterações no ambiente digital – com exceção de ajustes de cor, contraste e definição.

1. Você apenas deve utilizar esta obra para fins não comerciais. Os livros, textos e imagens que publicamos na Biblioteca Digital de Obras Raras e Especiais da USP são de domínio público, no entanto, é proibido o uso comercial das nossas imagens.

2. Atribuição. Quando utilizar este documento em outro contexto, você deve dar crédito ao autor (ou autores), à Biblioteca Digital de Obras Raras e Especiais da USP e ao acervo original, da forma como aparece na ficha catalográfica (metadados) do repositório digital. Pedimos que você não republique este conteúdo na rede mundial de computadores (internet) sem a nossa expressa autorização.

3. Direitos do autor. No Brasil, os direitos do autor são regulados pela Lei n.º 9.610, de 19 de Fevereiro de 1998. Os direitos do autor estão também respaldados na Convenção de Berna, de 1971. Sabemos das dificuldades existentes para a verificação se uma obra realmente encontra-se em domínio público. Neste sentido, se você acreditar que algum documento publicado na Biblioteca Digital de Obras Raras e Especiais da USP esteja violando direitos autorais de tradução, versão, exibição, reprodução ou quaisquer outros, solicitamos que nos informe imediatamente (dtsibi@usp.br).