moins long, elles refusent le service et leurs défauts deviennent autant de causes de mort.

Régénération. — Au sens le plus étendu, le remplacement des parties devenues inutilisables est une faculté vitale de première importance. Tous les échanges de l'organisme vivant reposent sur l'assimilation du plasma, c'est-à-dire sur le remplacement de parties du plasma détruites constamment par dissimilation (voir chap. X). Verworn a appelé biogènes les molécules hypothétiques de la substance vivante (que je regarde, avec Hering, comme douées de mémoire et que j'ai, en 1875, nommées plastidules). Il dit : « Les biogènes sont les véritables supports de la vie. C'est leur destruction et leur reformation continuelles qui constituent le processus vital, qui a son expression dans les divers phénomènes vitaux ». Les relations de l'assimilation (construction de biogènes) et de la dissimilation (destruction de biogènes) dans l'unité de temps peuvent s'exprimer par une fraction, le biotonus : $\frac{A}{D}$. Ce sont les variations de grandeur de cette fraction qui produisent toutes les modifications des manifestations vitales de chaque organisme. Lorsque le biotonus augmente et que le quotient des échanges devient plus grand que l'unité, il y a croissance ; lorsqu'il devient plus petit que l'unité, il y a atrophie et finalement mort. Dans la régénération, il se forme de nouveaux biogènes. Dans la reproduction des groupes de biogènes se détachent des parents par suite d'une croissance exagérée et forment de nouveaux individus.

Les phénomènes de régénération sont très variables ; ils ont fait récemment l'objet de recherches nombreuses, surtout au point de vue du mécanisme du développement. Des embryologistes ont tiré de leurs expériences des arguments et des conclusions contre le darwinisme ; ils ont prétendu réfuter la doctrine de l'évolution. La plupart de ces travaux témoignent d'un défaut étonnant de culture physiologique et morphologique. Comme ils ne tiennent pas compte de la loi biogénétique et des relations de l'ontogénie avec la phylogénie, il ne faut pas être surpris du fait qu'ils ont été conduits à présenter les conclusions les plus contradictoires, nous dirons même les plus absurdes. La Revue *Archiv für Entwickelungsmechanik* en fournit de nombreux exemples. Si au contraire on tient compte de l'ensemble des

phénomènes de régénération, on voit une série continue, depuis la simple réparation des protistes jusqu'à la reproduction sexuée des histones supérieurs. Cellules spermatiques et ovulaires de ceux-ci sont des produits de croissance surnuméraire qui ont la faculté de régénérer l'organisme entier. Mais beaucoup d'histones supérieurs ont aussi la faculté de produire de nouveaux individus au moyen de fragments de tissus ou même de quelques cellules détachées. Dans la direction spéciale que prennent les échanges et la croissance dans la régénération, un grand rôle est joué par la mémoire des plastidules. (Voir ma *Périgenèse des plastidules*, 1875, t. II des *Gesammelte gemeinverständliche Vorträge*, ainsi que le nouvel ouvrage de Richard Semon : *Die Mneme*, 1904).

Mort et régénération des protistes. — Dans les formes les plus primitives des protistes, la mort et la régénération nous apparaissent sous la forme la plus simple. Lorsqu'une monère (chromacée ou bactérie) se divise en deux moitiés égales, l'existence de l'individu parent est anéantie. Chaque moitié se régénère par assimilation jusqu'à ce qu'elle ait atteint la taille normale. Dans les cellules nucléées de la plupart des protophytes et protozoaires, le phénomène est déjà plus compliqué ; le noyau agit ici comme organe central et régulateur des échanges. Si on divise un infusoire en deux morceaux, dont un seul renferme le noyau, celui-ci seul se complète : le fragment non nucléé meurt sans se régénérer.

Mort et régénération des histones. — Chez les organismes pluricellulaires, il faut distinguer entre la mort partielle des diverses cellules et la mort totale de l'organisme qu'elles composent. Chez beaucoup de plantes et d'animaux inférieurs, cette union est faible et dans ces Etats peu centralisés des cellules ou des groupes de cellules quelconques (bourgeons) peuvent, sans mettre en péril la vie de l'ensemble, se détacher et former de nouveaux individus. Chez certaines algues et hépatiques, chez une crassulacée, *Bryophyllum*, chez l'hydre ou polype d'eau douce, tout fragment du corps peut se développer en individu complet. Mais plus la corrélation des parties est nécessaire pour la vie de l'ensemble, plus aussi le pouvoir, la faculté de régénération devient faible. Cependant, même alors, des cellules usées peuvent être remplacées par des cellules nouvelles. Dans l'orga-

nisme humain comme dans celui des autres animaux des milliers de cellules sont détruites et remplacées tous les jours, par exemple dans l'épiderme, dans l'épithelium et dans le sang. D'autres tissus n'ont pas le même pouvoir de régénération, par exemple, les cellules nerveuses, sensorielles, musculaires, etc. Là, des individus cellulaires persistent toute la vie, quoiqu'une partie usée de leur cytoplasma puisse être régénérée. En réalité, notre corps, comme celui des animaux et des plantes, constitue tous les jours une autre association de cellules. A tous moments, des milliers de ses composants sont détruits, et remplacés par d'autres. Mais ce remplacement n'est jamais complet ; il reste toujours un fonds de cellules dont les descendants servent aux régénérations suivantes.

Sénescence. — La grande majorité des êtres vivants trouve la mort par suite de causes externes, fortuites ou accidentelles : manque de nourriture, conditions défectueuses, parasites, accidents, maladies. Les quelques individus qui échappent à ces causes de mort, meurent par sénescence, c'est-à-dire par atrophie progressive des organes. Ce phénomène a, dans chaque espèce, pour condition la nature spécifique de son plasma. Comme l'a montré récemment Kassowitz, la sénescence tient à l'augmentation de la destruction du protoplasma et à l'accumulation des produits de déchet. La mort des cellules a lieu parce qu'à partir de l'apogée de la vie, l'activité chimique du plasma ne cesse de diminuer ; il perd progressivement la faculté de réparer les pertes qu'il subit de par le fonctionnement vital lui-même. Comme dans la vie psychique de l'homme, on voit diminuer la réceptivité du cerveau et l'acuité des sens, de même les muscles perdent leur énergie, les os deviennent cassants, la peau se ride et se flétrit, l'élasticité des mouvements disparaît. Tous ces phénomènes de dégénérescence sénile sont produits par des modifications chimiques du plasma, dont la dissimilation dépasse de plus en plus l'assimilation. Ils conduisent forcément à la mort normale.

Maladie. — Tandis que la diminution progressive des forces et la dégénérescence sénile des organes amènent nécessairement la mort de l'organisme même le plus sain, la majorité des hommes périssent longtemps avant ce terme ultime, par suite de maladie. Les causes externes des maladies sont les attaques des

parasites, les accidents et des conditions de vie défectueuses. Ces causes produisent des modifications dans les tissus et les cellules, qui amenent d'abord la mort de certaines parties, puis la mort totale de l'individu. Les modifications de la substance vivante, qui produisent la maladie et la mort, sont appelées nécrobioses ; elles consistent soit en histolyses simples, c'est-à-dire en dégénérescence des cellules par atrophie, dessication ou liquéfaction, soit en métaplasmoses ou métamorphoses du plasma : celles-ci peuvent être adipeuses, muqueuses, calcaires ou amyloïdes. C'est Virchow qui a démontré, dans sa *Pathologie cellulaire* (1858), que toutes les maladies de l'homme et des autres organismes peuvent être ramenées à ces modifications des cellules composant les tissus. La maladie elle-même avec ses souffrances est donc un phénomène physiologique, une vie dans des conditions nuisibles et périlleuses ; comme dans les phénomènes vitaux normaux, la cause dernière des phénomènes pathologiques doit être cherchée dans la physique et la chimie du plasma. La pathologie est un chapitre de la physiologie. Cette notion enlève tout fondement aux croyances anciennes, d'après lesquelles la maladie provenait d'un être spécial, d'un démon, ou était un châtiment de Dieu.

Providence. — L'interprétation naturelle et physique de la mort, que nous connaissons aujourd'hui grâce à la physiologie et à la pathologie modernes, a servi aussi à réfuter toute une série de dogmes métaphysiques qui reposaient principalement sur ces croyances mystiques. Telle est en premier lieu la foi enfantine en une providence consciente qui conduit le destin des individus. Nous ne voulons pas le moins du monde méconnaître la valeur subjective que la croyance consolante en une providence possède pour l'homme menacé tous les jours par mille dangers. Mais comme nous ne cherchons pas à nous ranimer, à nous réconforter par des fictions poétiques, mais à satisfaire notre raison par l'austère recherche de la vérité, il nous faut déclarer, avec regret pour les croyants, qu'il n'y a nulle part l'ombre d'une preuve, si maigre soit-elle, de l'existence de cette providence ou d'un père céleste qui aurait soi-disant pour nous toutes les bontés. Tous les jours, nous lisons le récit douloureux d'accidents ou de crimes qui ont mis fin à la vie d'hommes bien portants. La statistique nous révèle et nous apprenons avec stupeur combien de vies sont sacrifiées fortuitement, grâce aux naufrages, aux accidents de chemins

de fer, aux tremblements de terre, aux catastrophes minières, aux guerres et aux épidémies. Et il nous faudrait croire encore en une Providence amie qui a décrété la mort de tous ces êtres utiles à des titres divers? *Il* faudrait nous contenter des phrases creuses des prédicateurs d'oraisons funèbres : « Que la volonté du Seigneur s'accomplisse. » « Les voies de Dieu sont obscures et impénétrables. » Ces textes vides de sens peuvent consoler des enfants ou des fidèles dénués de réflexion ; ils ne sauraient plus suffire à l'homme cultivé du xxe siècle, qui recherche honnêtement et sans crainte la vérité pure.

Hasard et destin. — Si on considère comme peu consolante notre conception moniste de la mort, nous répondrons que l'idée dualiste repose seulement sur des habitudes héréditaires de pensée et sur des croyances mystiques qui nous sont inculquées dès la prime jeunesse. Si les progrès de la culture les font disparaître, on s'apercevra bientôt que l'homme aura gagné beaucoup, et n'aura rien perdu pour sa vie terrestre. Convaincu qu'il n'a pas à attendre de vie éternelle dans un au-delà chimérique, il s'efforcera par tous les moyens licites de rendre heureuse sa vie actuelle et de la conduire d'une façon rationnelle pour son propre bonheur et pour le bien de la société. Si on objecte que, dans ce cas, tout dépend du hasard aveugle et non d'une providence ou d'un ordre moral du monde, je renverrai le lecteur aux considérations que j'ai fait valoir à la fin du chapitre XIV de mes *Énigmes de l'univers*, sur le destin et la Providence. Et si l'on ajoute que notre conception réaliste de la vie conduit au pessimisme, nous prétendons que ce reproche n'est pas davantage fondé.

Vie éternelle. — J'ai réuni dans le chapitre XI des *Enigmes ae l'Univers* les raisons scientifiques qui nous interdisent de croire à une immortalité personnelle de l'âme. Mais comme ce chapitre a tout spécialement été l'objet des attaques les plus violentes de la part de la métaphysique régnante et de l'Eglise, je me vois forcé de revenir une fois encore sur les points les plus importants de la question. Par les nombreuses lettres qui m'ont été adressées de toutes parts, et par des conversations philosophiques avec des gens instruits de toutes les classes, je me suis convaincu qu'aucun dogme n'est aussi ancré dans l'esprit que la croyance à l'immortalité personnelle. La plupart des hommes ne veulent à

quelque prix que ce soit abandonner l'espoir qu'après la mort ils jouiront d'une vie meilleure que sur cette terre. Dans la représentation de ce paradis imaginaire et fantastique, le plus grand rôle est d'ordinaire joué par la conception géocentrique du moyen-âge. Troels-Lund a montré, dans son livre intitulé : *Himmelsbild und Weltanschauung* combien cette conception influence encore aujourd'hui la métaphysique de la plupart des hommes. Malgré Copernic et Laplace, le ciel est toujours l'immense voûte bleue qui s'étend au-dessus de la terre. Aujourd'hui encore on entend vanter sur tous les tons les joies et les splendeurs de la vie éternelle dans ce ciel, c'est-à-dire l'espace parcouru par des millions d'astres, sans réfléchir qu'à chaque moment cette direction se trouve modifiée. D'autres Athanistes recherchent des conceptions plus concrètes et désignent des corps célestes déterminés comme habitat des âmes immortelles. La cosmologie, l'astronomie et la géologie ne nous permettent pas d'introduire dans le domaine scientifique ces imaginations poétiques. La psychologie, la physiologie, l'ontogénie et la phylogénie s'unissent pour réfuter le dogme de l'immortalité.

Optimisme et pessimisme. — L'optimisme envisage le monde du bon côté, le pessimisme voit tout en mal. Dans certains systèmes philosophiques et religieux, l'une de ces conceptions est portée à ses dernières conséquences ; dans la plupart des systèmes, elles sont amalgamées. Le réalisme pur n'est en général ni optimiste ni pessimiste ; il prend le monde comme il est, c'est-à-dire comme un ensemble, comme un tout dont l'essence et la nature ne sont en soi ni bonnes ni mauvaises. L'idéalisme dualiste accepte en général les deux tendances et les distribue dans ses deux mondes ; il considère la terre comme une vallée de larmes et de misères, il se représente l'au-delà comme un paradis. Cette conception est à la base de la plupart des religions et détermine encore aujourd'hui en grande partie, au point de vue théorique et pratique, les idées de l'humanité civilisée.

Optimisme (Leibniz). — Le fondateur de la philosophie optimiste, Leibniz cherche à concilier l'opposition des divers systèmes en créant une harmonie artificielle. En fait, c'est un dynamisme, c'est-à-dire un monisme voisin de l'énergétique d'Ostwald. Leibniz a exposé son système dans sa *Monadologie* (1714) ; d'après

lui, l'univers est composé d'une infinité de monades, qui correspondent à peu près à nos atomes. Mais ce pluralisme se transforme en monisme parce que Dieu, monade centrale, relie le tout par un lien substantiel. Dans sa *Théodicée* (1710) il affirmait que Dieu avait créé le meilleur de tous les mondes possibles : l'harmonie préétablie du monde montre partout la bonté, la sagesse et la toute-puissance de Dieu. L'homme, de même que l'humanité tout entière, possède une faculté de perfectionnement illimité. Lorsqu'on connaît le monde réel, qu'on considère la lutte pour la vie qui fait rage partout, qu'on tient compte de la misère, de la douleur et des souffrances de l'humanité, on comprend difficilement comment un penseur aussi profond a pu persister dans son optimisme. La chose est plus excusable vraiment chez un métaphysicien, compliqué, verbeux, phraseur comme Hegel, d'après qui « tout le réel est raisonnable et tout le raisonnable est réel. »

Pessimisme (Schopenhauer). — D'après le pessimisme, le monde est le plus mauvais des mondes possibles. Cette conception est celle des religions les plus anciennes et les plus répandues de l'Asie, le brahmanisme et le bouddhisme. A l'origine, ces deux religions sont essentiellement pessimistes, mais elles sont en même temps athées et idéalistes. C'est ce qu'à très bien montré Schopenhauer, qui les considérait comme les plus parfaites de toutes les religions et qui a admis dans son système philosophique leur pensée fondamentale. Il regarde comme « une véritable absurdité de prendre ce monde mauvais et misérable pour le meilleur des mondes possibles, cette réunion d'êtres souffrants et craintifs, où chacun ne vit qu'en dévorant son voisin, et où, avec la connaissance, croît aussi la faculté d'éprouver et de ressentir la douleur qui, chez l'homme, a atteint son degré le plus élevé. Sur ce théâtre de la souffrance et de la mort, l'optimisme fait en vérité une figure si singulière, si étrange, qu'on le prendrait volontiers pour une ironie, si on ne connaissait son origine, mise en évidence par Hume (flagornerie envers Dieu, avec une confiance blessante en ses effets). A la démonstration sophistique de Leibniz on peut opposer sérieusement que ce monde est au contraire « le plus mauvais des mondes possibles ». D'ailleurs ni Schopenhauer ni le plus remarquable des pessimistes modernes, Edouard von Hartmann n'ont tiré les conséquences pratiques de cette doctrine. Ce

serait nier la « volonté de vivre » et mettre un terme à toute souffrance par le suicide.

Suicide. — Nous venons de parler du suicide comme conséquence extrême du pessimisme ; nous en profiterons pour jeter un rapide coup d'œil sur les contradictions étonnantes qui règnent à son sujet. Il y a peu de problèmes (sauf ceux du libre arbitre et de l'immortalité) sur lesquels on ait émis des idées aussi absurdes. Pour le théiste, qui considère la vie individuelle comme un présent du « bon Dieu », on n'a pas le droit de la dédaigner ou de la rejeter, quoiqu'on estime comme une grande vertu la mort volontaire pour un autre homme. La plupart des hommes civilisés considèrent encore aujourd'hui le suicide comme un délit, et dans certains pays, comme par exemple en Angleterre, la tentative de suicide tombe sous le coup de la loi et est sévèrement punissable. Dans le moyen-âge chrétien, alors qu'on brûlait des milliers et des milliers de pauvres diables pour le crime imaginaire d'hérésie ou de sorcellerie, on punissait le suicidé en ne l'enterrant pas en terre bénite. Schopenhauer fait remarquer à ce sujet : « Il est certain que personne n'a sur rien au monde un droit aussi incontestable que sur sa propre existence. Il est tout simplement risible de voir la justice criminelle poursuivre le suicide. » Les progrès de l'embryologie ont montré que la vie individuelle débute au moment de la rencontre fortuite de l'œuf et du spermatozoïde. Le hasard y joue exactement le même rôle que dans tous les autres phénomènes vitaux, bien entendu en le prenant dans le sens scientifique, tel que nous l'avons exposé à la fin du chapitre XIV de nos *Enigmes de l'Univers*. La vraie cause de l'existence personnelle n'est donc pas un cadeau de Dieu, mais simplement l'amour sexuel des parents ; souvent même ceux-ci ne désirent pas que l'acte de la copulation ou du coït emporte avec lui cette suite naturelle. Si donc le malheureux né de l'œuf fécondé ne rencontre pas dans le cours de son existence le bonheur auquel il pouvait aspirer ; si celle-ci au contraire ne lui apporte que misère, maladie et souffrance, il est absolument incontestable et hors de doute qu'il a le droit d'y mettre fin par la mort volontaire, par le suicide. Du reste, le suicide est permis par toutes les religions en certaines circonstances données, même par le christianisme, qui dit : « Si ton œil est une occasion de péché et de scandale, rejette-le loin de toi. » La morale régnante, il est vrai, interdit le suicide dans tous

les cas ; mais les raisons qu'elle met en avant sont entièrement dénuées de fondement ; elles ne deviennent certainement pas meilleures lorsque, pour les faire accepter, on les recouvre du manteau de la religion.

Délivrance (Autolyse). — La mort volontaire, qui met fin aux souffrances, est un acte de libération. Le suicidé, qui se libère lui-même (autolyte), est en général digne de pitié, non de mépris ; il n'est point punissable suivant la conception pharisaïque de la morale en vogue. Celle-ci présente ici, comme en beaucoup d'autres cas, les contradictions les plus flagrantes. L'État moderne a introduit le service militaire obligatoire ; il demande à chaque citoyen de sacrifier sa vie pour sa patrie et de tuer le plus grand nombre possible d'ennemis (charmante illustration pour les paroles de l'Évangile : « Aimez vos ennemis ! »). Mais ce même État ne donne même pas à tous ses citoyens des moyens assurés d'existence, et la faculté de se développer librement ; il ne leur donne même pas le droit au travail, qui leur permettrait de vivre et de faire vivre leur famille.

Nous reconnaissons volontiers les progrès accomplis par la politique sociale moderne en vue de l'amélioration du sort des classes dites inférieures, pour faire progresser l'hygiène, l'enseignement, le bien physique et intellectuel de l'homme. Mais nous sommes encore bien éloignés du but qu'il convient de se proposer et qu'il s'agit d'atteindre. La misère augmente dans des proportions inquiétantes, en même temps que la division du travail se développe et qu'il y a partout excès ou pléthore de population. Des milliers de gens capables et laborieux périssent tous les ans, beaucoup uniquement parce qu'ils sont modestes et honnêtes. Des milliers meurent de faim, parce que, en dépit de tous leurs efforts, ils ne peuvent trouver de travail ; des milliers sont sacrifiés aux exigences de notre époque de machinisme à outrance, d'industrialisme hypertrophié. En revanche, nous voyons tous les jours des gens absolument méprisables arriver au bonheur et à la fortune, parce qu'ils savent tromper leurs semblables dans des spéculations sans scrupules, ou parce qu'ils savent flatter et servir bassement les personnages influents. Il ne faut donc pas s'étonner si les statistiques montrent une augmentation continue du nombre des suicides dans les États même les plus cultivés. Tout homme qui possède véritablement l'amour du prochain doit accorder à

celui qui souffre sans espérance, la possibilité de se délivrer par le suicide. Nous n'avons pas besoin d'ajouter que, par ce qui précède, nous n'entendons pas légitimer tout suicide en général.

Libération du mal. — La septième prière contenue dans l'oraison dominicale est exprimée ainsi : « Délivre-nous du mal ». Si nous nous informons de la signification de cette prière, Luther nous répond : « Par elle, nous demandons que Dieu nous libère de tout le mal de notre corps et de notre âme et que, lorsque notre dernière heure sera venue, il nous accorde la grâce d'une bonne mort et nous emporte de cette vallée de larmes et de misères pour nous prendre avec lui dans le ciel. » Si nous examinons ces phrases à la lumière du monisme, nous devons naturellement renoncer aux vieilles conceptions superstitieuses du moyen âge, à la croyance au Père céleste et à l'âme immortelle dans le paradis du « bon Dieu ». Il ne reste donc plus que la demande de libération du mal.

La variété, le nombre et l'intensité de ces maux se sont accrus au cours du XIXe siècle, à mesure qu'augmentaient les progrès de l'art et de la science, et que notre vie personnelle et sociale se perfectionnait. Grâce à la machine à vapeur et à l'électricité, le temps et l'espace ont acquis une tout autre valeur, nous pouvons rendre notre vie plus agréable et plus utile, percevoir un plus grand nombre de jouissances intellectuelles. Mais en même temps la consommation d'énergie nerveuse est devenue bien plus grande ; notre cerveau s'use davantage, notre corps est surmené. Beaucoup de maladies dues à la civilisation augmentent dans des proportions véritablement effrayantes, telles sont par exemple la neurasthénie et un grand nombre d'autres affections nerveuses. Les asiles d'aliénés regorgent de monde et deviennent insuffisants ; partout on crée des sanatoriums où l'homme cherche le soulagement ou la guérison de ses maux. Beaucoup de ceux-ci sont inguérissables ; de nombreux malades ne peuvent éviter la mort. Un grand nombre d'entre eux, du reste, n'attendent que de la mort la fin de leurs souffrances. On peut dès lors se demander si nous ne sommes pas autorisés à répondre à leur désir et à mettre fin aux maux qu'ils endurent, par une mort sans douleur.

Cette question est d'une très grande importance, tant au point de vue philosophique qu'au point de vue de la médecine et du

droit. A mon sens, la compassion (sympathie) n'est pas seulement une des plus nobles fonctions cérébrales de l'homme, elle est aussi une des conditions les plus importantes de la vie sociale des animaux supérieurs. Le commandement de l'amour chrétien que l'Évangile place avec raison en tête de l'éthique n'a pas, à la vérité, été inventé par le Christ, mais a été mis en honneur par lui et ses disciples, à une époque où l'égoïsme le plus raffiné entraînait le monde romain à sa ruine. En fait, la sympathie et l'altruisme existaient non seulement depuis des milliers d'années dans les sociétés humaines, mais aussi dans celles des animaux supérieurs. Ces qualités ont leurs racines profondes dans la reproduction sexuelle et les soins donnés aux jeunes chez tous les animaux. Aussi les prophètes modernes de l'égoïsme pur, Frédéric Nietzsche, Max Stirner, etc., commettent une erreur biologique, en plaçant leur morale du surhomme à la place de l'amour du prochain et en considérant la compassion comme une faiblesse de caractère ou comme une erreur du christianisme. C'est précisement là que réside la haute valeur de la doctrine chrétienne ; elle subsistera encore lorsque la longue série de ses dogmes rétrogrades aura pour jamais disparu. Mais on ne devrait pas limiter cet amour du prochain à l'homme ; il faudrait l'étendre à tous les animaux dont l'organisation cérébrale nous montre qu'ils sont doués de conscience, qu'ils ressentent la douleur et le plaisir. Ainsi, pour les animaux domestiques, dont la parenté psychique avec nous n'est pas douteuse, nous devrions être attentifs à multiplier leurs joies et à diminuer leurs souffrances. C'est avec raison que nous tuons le chien fidèle ou le noble cheval, nos compagnons de tous les jours, lorsqu'ils ont atteint un âge avancé et souffrent de maladies incurables. De même nous avons le droit, et si l'on veut, le devoir de mettre fin aux souffrances de nos semblables atteints de maladies cruelles et sans espoir de guérison, et s'ils nous demandent eux-mêmes de les délivrer de leurs maux. Mais les idées des médecins à ce sujet sont très contradictoires. Certains d'entre eux qui remplissent leur difficile profession avec un véritable amour du prochain et sans préjugés dogmatiques, n'hésitent pas à abréger les souffrances des malades, au moyen d'une dose de morphine ou de cyanure de potassium. Cette mort rapide et sans douleur, soulage non seulement le malheureux, perdu quand même, mais encore sa famille. D'autres médecins et la plupart des juristes pensent que cet acte est un crime. Le médecin aurait

le devoir de conserver aussi longtemps que possible le malade en vie, quelles que soient les circonstances. Pourquoi ?

Médecine et philosophie. — En touchant ici à l'une des questions les plus difficiles de l'éthique sociale, je profite de l'occasion pour examiner la position du médecin en face de la philosophie moniste. Il y a maintenant un demi-siècle depuis que je fréquentais, comme étudiant en médecine, les cliniques de l'hôpital de Würzbourg. Je n'ai, il est vrai, pratiqué que peu de temps ; mais les connaissances acquises alors sur l'anatomie et la physiologie de l'organisme humain sont demeurées pour moi d'une valeur inappréciable. Je leur dois la base solide des études qui ont occupé ma vie, les études zoologiques, et la direction moniste de toutes mes conceptions. Comme la culture médicale comprend l'anthropologie, — et devrait comprendre la psychologie, — sa valeur pour la philosophie spéculative est immense. Les métaphysiciens scolastiques qui, aujourd'hui encore, considèrent les chaires des Universités comme leur monopole pour ainsi dire exclusif, auraient évité la plupart de leurs erreurs dualistes, s'ils avaient eu des connaissances sérieuses en anatomie, en physiologie, en ontogénie et en phylogénie. Mais la pathologie elle-même est très instructive pour le philosophe. Le psychologue surtout acquiert par l'étude des maladies mentales des vues sur la vie psychique, qui manquent totalement au métaphysicien spéculatif.

Il n'y a que peu de médecins sérieux qui aient conservé la croyance traditionnelle à l'âme immortelle et au « bon Dieu ». Que ferait l'âme immortelle dans l'au delà, si sur cette terre déjà, elle était idiote ? Comment le père éternel condamnerait-il le criminel à l'enfer, alors que c'est lui-même qui lui a donné son hérédité et qui l'a placé dans des circonstances qui devaient forcément l'amener au crime ? Comment le Dieu tout-puissant peut-il permettre les malheurs qui se déroulent journellement dans les hôpitaux et, du reste, dans le monde entier ? L'ancien proverbe a raison : de trois médecins, deux sont certainement athées. L'un de mes compagnons d'études était un vieux médecin plein de savoir et d'expérience, qui avait parcouru le monde entier, puis était devenu directeur d'un important hôpital. Elevé par des parents pieux, et doué lui-même d'une imagination poétique, il avait (de même que moi dans ma vingtième année) perdu ses croyances

religieuses au cours de ses études médicales. Peu avant sa mort, nous nous entretenions des grands mystères de la vie. Il me dit : « Je ne puis accorder la croyance à une âme immortelle et au libre arbitre avec les données de l'expérience, ni trouver dans tout l'univers une trace quelconque d'ordre moral et de providence ; si réellement un dieu conscient gouverne le monde, cette personnalité immatérielle ne saurait être un dieu d'amour, mais un démon tout-puissant qui s'amuse à un jeu éternel de destruction et de reconstruction ». Malgré tout, il existe encore çà et là des médecins qui conservent leur foi aux trois dogmes centraux de la métaphysique, — ce qui prouve seulement la puissance de la tradition et la force des préjugés religieux.

Conservation de la vie. — Il faut aussi considérer comme un dogme traditionnel, cette croyance si répandue que l'homme doit en toutes circonstances conserver et prolonger la vie, même lorsqu'elle est tout à fait sans valeur, qu'elle n'est pour le malade désespéré qu'une source de souffrances et pour ses proches une cause de chagrins. Des centaines de milliers de malades inguérissables, des aliénés, des lépreux, des cancéreux sont conservés artificiellement en vie, leurs souffrances sont prolongées sans aucune utilité pour eux ni pour la société. La statistique des maisons de santé, à cet égard, est terriblement instructive. En Prusse, on soignait, en 1890, 51.048 aliénés (dont plus de 6.000 à Berlin) ; plus du dixième était parfaitement inguérissable (4.000 étaient des paralytiques généraux). En France, il y avait en 1871, 49.589 malades dans les maisons de santé (13.8 pour 10.000 de la population totale), en 1888, il y en avait 70.443 (18.2 pour 10.000). Ainsi en dix ans le nombre absolu des malades avait monté de près de 30 °/₀ (29.6 °/₀), tandis que la population ne s'était accrue que de 5.6 °/₀. Actuellement le nombre des aliénés est en moyenne dans les pays civilisés, de 5 à 6 pour 1.000. Si on admet pour l'Europe 390 à 400 millions d'habitants, il y a parmi eux au moins 2 millions d'aliénés et parmi ceux-ci, plus de 200.000 qui sont totalement inguérissables. Quelle somme effroyable de douleurs représentent ces chiffres pour les malades eux-mêmes, que de chagrins et de soucis pour leurs familles, que de pertes pour les particuliers et de dépenses pour l'Etat ! Combien ces souffrances et ces dépenses pourraient être diminuées si on se décidait enfin à délivrer du fardeau de la vie les inguérissables ! Naturellement

cet acte de compassion ne devrait pas être soumis à la volonté exclusive d'un seul médecin, mais devrait être décidé par une commission de médecins compétents et consciencieux. De même dans d'autres maladies incurables (le cancer par exemple), la libération du mal ne devrait avoir lieu que sur le désir exprès du malade et par une commission assermentée.

Sélection spartiate. — Les anciens Spartiates devaient leur force physique et leur énergie intellectuelle à l'ancienne coutume de tuer les enfants faibles ou contrefaits. Celle-ci existe encore aujourd'hui chez beaucoup de primitifs et de barbares. Lorsqu'en 1868 (dans le chap. VII de mon *Histoire de la création*), je mis en évidence les avantages de cette sélection spartiate pour l'amélioration de la race, il s'éleva dans les feuilles pieuses une véritable tempête d'indignation, ce qui a lieu du reste chaque fois que la raison ose s'opposer aux préjugés régnants et aux croyances traditionnelles. Je le demande cependant : quel avantage l'humanité a-t-elle à conserver la vie et à élever des milliers d'infirmes, de sourds-muets, de crétins ? Quelle utilité ces misérables tirent-ils eux-mêmes de leur existence ? N'est-il pas plus rationnel de trancher dès le début le mal qui les atteint, eux et leurs familles ? Il ne faut pas objecter que la religion le défend : le christianisme ordonne au contraire de conserver la vie à nos frères et de la rejeter lorsqu'elle devient pour nous et pour nos proches une cause de tourments sans utilité. En réalité, ce qui s'oppose à cet acte rationnel, c'est plutôt la puissance traditionnelle de la coutume et des habitudes héréditaires, habilement cachées sous le manteau de la religion. Ces idées déraisonnables et supertitieuses sont le plus souvent la cause des plus grands malheurs. — « Lois et droits se transmettent comme une éternelle maladie. » Ceci est vrai également des habitudes sociales, dont dérivent les lois. La sensibilité ne devrait pas, dans des questions de cette importance, s'opposer à la raison. Comme je le disais déjà dans le chapitre Ier des *Enigmes de l'Univers*, la sensibilité est une fonction cérébrale très aimable mais très dangereuse ; elle n'a rien à voir dans la connaissance de la vérité, pas plus d'ailleurs que la révélation. C'est ce que montre le dualisme de Kant, dont le « monde intelligible » est un produit de la sensibilité et de la foi.

CHAPITRE VI

Plasma.

La substance vivante. — Physique, chimie et structure du plasma. — Karyoplasma et cytoplasma. — Produits du plasma.

> **Les limites de l'observation empirique et de l'investigation expérimentale du monde organique ont fait assez de progrès pour ne plus rencontrer dans tous les organismes et dans toutes les parties des animaux et des plantes (muscles, nerfs, organes différenciés, tissus, etc.), qu'une même substance que nous nommons *protoplasma*. C'est ici que commence le domaine légitime de l'*hypothèse*. *Comme tous les processus vitaux se passent à l'intérieur du protoplasma*, l'hypothèse doit d'abord essayer, en se basant sur les conditions et les processus de la nature inorganique, de déterminer l'arrangement physique et la combinaison chimique de la substance vivante et des processus élémentaires qui en dérivent.**
>
> **Max Kassowitz (1889).**

SOMMAIRE

Le plasma est la substance vivante universelle. — Notion de protoplasma aux points de vue chimique et physique. — Caractère physique. — Etat d'agrégation semi-fluide. — Analyse chimique. — Nature colloïdale de l'albumine. — Molécule d'albumine. — Structure élémentaire du plasma. — Travaux du plasma. — Protoplasma et métaplasma. — Structures du métaplasma. — Structure écumeuse. — Structure en châssis. — Structure filiforme. — Structure granulée. — Structure moléculaire. — Molécule de plasma. — Plastidule et biogène. — Micelles et biophores. — Karyoplasma et cytoplasma. — Substance du noyau. — Chromatine et achromine. — Nucléole et centrosoma. — Karyothèque et karyolymphe. — Substance de la cellule. — Produits du plasma. — Produits du plasma internes. — Produits du plasma externes. — Membrane cellulaire. — Substance intercellulaire. — Substance cuticulaire.

BIBLIOGRAPHIE

MAX SCHULTZE, 1861. — *Das Protoplasma der Rhizopoden und der Pflanzenzellen.* Leipzig.

ERNEST HÆCKEL, 1862. — *Monographie der Radiolarien : Sarcode und Protoplasma.*

DU MÊME, 1876. — *Ueber die Wellenzeugung der Lebenstheilchen oder die Perigenesis der Plastidule.* 2e vol. des *Gesamnite Vorträge.* 1702. Bonn.

DU MÊME, 1894. — *Phylogenie der Protisten.* 1er vol. de la *Systematische Phylogenie.* Berlin.

CARL NÆGELI, 1884. — *Mechanisch-physiologische Theorie der Abstammungslehre.* Munich.

ADALBERT HANSTEIN, 1879. — *Das Protoplasma* (vulgarisation). Heidelberg.

R. ALTMANN, 1890. — *Die Elementar-Organismen und ihre Bezichungen zu den Zellen.* Leipzig.

JULIUS WIESNER, 1891. — *Die Elementar-Structur und das Wachs tum der lebenden Substanz.* Vienne.

OSKAR HERTWIG, 1892. — *Die Zelle und die Gewebe.* Iéna.

OTTO BÜTSCHLI, 1892. — *Untersuchungen über mikroskopische Schäume und das Protoplasma.* Leipzig.

MAX VERWORN, 1894. — *Von der lebendigen Substanz (Protoplasma)).* 2e chap. de l'*Allgemeine Physiologie.* 4e éd. 1903. Iéna.

LUDWIG RHUMBLER, 1899. — *Allgemeine Zellenmechanik.* Göttingen.

FRANZ HOFMEISTER, 1901. — *Die chemische Organisatian der Zelle.* Brunswick.

RICHARD NEUMEISTER, 1903. — *Betrachtungen über das Wesen der Lebenserscheinungen. Ein Beitrag zum Begriff des Protoplasma.* Iéna.

OTTO FÜRTH, 1903. — *Vergleichende chemische Physiologie der niederen Thiere.* Iéna.

MAX KASSOWITZ, 1899. — *Aufbau und Zerfall des Protoplasma.* 1er vol. de l'*Allgemeine Biologie.* Vienne.

RICHARD SEMON, 1904. — *Die Mneme als erhaltendes Princip im Wechsel des organischen Geschehens.* Leiozig.

Par *plasma*, au sens le plus large du mot, nous entendons la substance vivante, c'est-à-dire tous les corps qui se montrent activement comme étant « la base matérielle des manifestations vitales organiques ». D'ordinaire on emploie dans ce sens le terme de protoplasma. Mais ce mot ancien, important au point de vue historique, a éprouvé par suite de son emploi dans divers sens, un tel changement de signification, qu'il vaut mieux ne l'employer qu'avec une acception étroite. Ajoutons que ces dernières années les recherches sur le protoplasma se sont développées à un tel point que des mots nouveaux ont dû être inventés, tous dérivés du mot plasma : ils désignent les formes spéciales de la « notion générale de plasma », c'est-à-dire les modifications spécifiques de la substance génésique ; tels métaplasma, archiplasma, etc.

Notion de protoplasma. — Le botaniste Hugo Mohl, qui définit en 1846 la notion de protoplasma entendait par là une partie déterminée du contenu de la cellule végétale ordinaire, c'est-à-dire la partie semi-fluide appelée par Schleiden « gelée cellulaire ». On la trouve à l'intérieur de la paroi de cellulose et elle forme souvent une sorte de filet mobile dans le suc cellulaire liquide. Mohl distingua cette paroi importante et la nomma « tube primordial », dont il appela protoplasma la substance chimiquement différente des autres substances de la cellule. Il est nécessaire d'indiquer que Mohl, le fondateur de la notion de plasma, se plaça sur le terrain purement chimique, mais non morphologique comme ont fait depuis Oskar Hertwig et plusieurs anatomistes de la cellule. C'est le point de vue chimique du protoplasma — ou plus simplement du plasma — que je conserverai ici. C'est dans le même sens que le comprit Max Schultze en 1860, lorsqu'il en démontra l'importance et la généralité et fonda la réforme de la théorie cellulaire dont il sera question plus loin.

La confusion entre le concept chimique et le concept morphologique du protoplasma a été un malheur pour la biologie mo-

derne. Elle provient de ce que l'opposition entre les deux parties essentielles composantes de la notion moderne de cellule, c'est-à-dire la distinction entre le noyau et le corps de la cellule, n'a pas été formulée avec clarté. Le noyau interne *(nucleus* ou *karyon)* a paru être un élément solide, formé et déterminé morphologiquement. Par contre on regardait la masse molle, aujourd'hui nommée corps (*celleus* ou *cytosoma*) comme un élément amorphe et seulement définissable chimiquement. Ce n'est que plus tard qu'on reconnut que la composition chimique du noyau est très proche de celle du corps de la cellule et qu'on regarda le *karyoplasma* du premier et le *cytoplasma* de la seconde comme des formes d'une seule substance, le *plasma*. Toutes les autres substances qui se trouvent dans l'organisme vivant ne sont que des produits et des dérivés de ce *plasma* actif.

Caractères du plasma. — Etant donnée l'importance spéciale que nous attribuons au plasma en tant que « base physique de la vie », comme disait Huxley, il est nécessaire d'en définir nettement tous les caractères, surtout ceux d'ordre chimique. Mais ce travail est rendu difficile par ceci, que dans la plupart des cellules organiques, le plasma est intimement lié à d'autres substances, qui en sont les produits et qu'on ne peut que rarement le trouver à l'état pur ni l'isoler en masse considérable. Nous sommes donc renvoyés le plus souvent aux résultats imparfaits et vagues de l'investigation microscopique et microchimique.

Caractères physiques du plasma. — Toutes les fois que, malgré de nombreuses difficultés, on a réussi à obtenir du plasma relativement pur, on a trouvé une masse incolore, à demi-fluide et douée d'une consistance spéciale qu'on nomme état d'agrégation. La physique distingue dans les corps organiques trois sortes d'états d'agrégation : solide, liquide et gazeux. Mais le protoplasma vivant ne peut être, à proprement parler, défini ni comme étant réellement liquide, ni comme étant solide au sens que donne à ces mots la physique. Il est intermédiaire et par suite est « solido-liquide », c'est-à-dire semi-fluide, comme par exemple de la colle. Comme de juste, le plasma tend parfois davantage vers la solidité, parfois vers la fluidité. La raison de cette consistance est la teneur considérable en eau de la substance vivante, qui se monte parfois à la moitié du volume ou du poids. L'eau est divisée entre

les particules de plasma de la même manière que l'eau de cristallisation dans les cristaux de sel, mais avec cette différence que dans la substance vivante elle varie continuellement. C'est de là que provient le pouvoir d'imbibition du plasma et la mobilité de ses molécules, d'une importance si grande pour l'exercice des activités vitales. Mais ce pouvoir a des limites définies pour chaque espèce de plasma. Le plasma vivant ne se dissout pas dans l'eau, mais se refuse à toute imbibition d'eau au delà d'une limite déterminée.

Caractères chimiques du plasma. — La chimie de la substance vivante est la partie la plus importante et la plus intéressante, mais aussi la plus difficile et la plus obscure de toute la chimie biologique. Malgré les innombrables recherches, soigneuses et approfondies, entreprises pendant la deuxième moitié du XIXe siècle par les meilleurs physiologistes et chimistes, nous sommes bien loin encore de la solution du problème fondamental de la biologie. Ceci tient, non seulement à la difficulté qu'il y a à isoler le plasma à l'état pur, mais aussi aux erreurs et aux confusions de notions commises au cours de l'étude du problème par les savants, tant physiologistes et chimistes, que zoologues et botanistes. D'où leurs discussions et leurs polémiques. Comme je ne saurais ici entrer dans le détail, je renvoie à la courte bibliographie inscrite en tête de ce chapitre pour n'exposer ici que les résultats en prenant pour base mes propres recherches commencées en 1859.

Notion chimique de plasma. — Il nous faut nettement préciser dès l'abord que la notion de protoplasma (au sens large du mot) est une *notion d'ordre chimique* et que cette substance n'est ni un « mélange de substances différentes » ni un « mélange d'une petite quantité de substances solides avec un liquide abondant ». C'est avec raison que Richard Neumeister (p. 45) remarque : « Nous recherchons l'essence du protoplasma dans des processus spéciaux qui se passent dans sa matière. Le protoplasma est pour nous une notion chimique et telle que les processus chimiques les plus élevés qu'on puisse imaginer se personnifient en lui ». Je dois aussi récuser la conception de Oskar Hertwig pour qui la substance vivante est un « mélange » ou une « agglomération » de nombreuses matières chimiques. Car la chimie nomme mélanges

diverses substances gazeuses ou pulvériformes qui sont indifférentes les unes à l'égard des autres, attitude qui n'est certainement pas celles des parties composantes du protoplasma. Lorsqu'on parle de substance vivante ou de protoplasma, cela n'exclut naturellement pas que la matière vivante possède dans chaque cas particulier une composition spécifique spéciale. Si par contre nombre de biologistes conçoivent encore de nos jours le protoplasma comme un mélange de diverses substances, cette erreur tient le plus souvent à ce qu'ils ne distinguent pas catégoriquement le concept chimique du concept morphologique et qu'ils regardent certaines relations de structure du plasma comme primaires, alors que ce ne sont que des manifestations secondaires de son activité vitale.

Analyse chimique du plasma. — Les anciens biologistes auxquels on doit la notion de plasma avaient déjà reconnu que cette « substance vivante » appartient au groupe chimique des *albuminoïdes (albumine* ou *protéine)*. Les nombreux caractères par lesquels ces combinaisons carburo-azotées se distinguent qualitativement de toutes les autres combinaisons chimiques, leur conduite à l'égard des acides et des bases, leurs réactions colorées particulières, leurs produits de décomposition, etc., sont les mêmes chez les corps plasmatiques que chez les autres albuminoïdes. L'analyse quantitative donne un résultat concordant. De quelque manière variable que se conduisent les divers corps plasmatiques, ils n'en sont pas moins une combinaison des cinq éléments « organogènes » des autres albuminoïdes soit d'après le poids : 51 à 54 °/₀ de Carbone, 21 à 23 °/₀ d'Oxygène, 15 à 17 °/₀ d'Azote, 6 à 7 °/₀ d'Hydrogène et 1 à 2 °/₀ de Soufre. Le mode suivant lequel ces cinq éléments sont associés et l'arrangement de leurs molécules sont très compliqués. C'est pourquoi l'étude de la nature chimique des corps plasmatiques doit être précédée de celle, rapide, du groupe des albuminoïdes, auquel ils se rattachent.

Albumine ou protéine. — De toutes les combinaisons du carbone, celles qui constituent le groupe des albuminoïdes sont sans contredit les plus remarquables, mais aussi, malheureusement, les moins connues. Car leur étude approfondie se heurte à des difficultés extraordinaires. Ce qu'est l'albumine ordinaire,

chacun le sait qui a vu du blanc d'œuf, matière transparente, demi-fluide et solidifiable par la chaleur. Mais ce n'est là qu'une des nombreuses formes de la protéine telle qu'elle existe dans le corps des animaux et des plantes. C'est en vain que les chimistes ont essayé de déterminer la structure chimique de ces énigmatiques combinaisons albuminoïdes. Et c'est très rarement qu'on peut en obtenir des exemplaires purs, sous forme de cristaux. La plupart du temps les albuminoïdes se présentent sous la forme de colloïdes, c'est-à-dire de masses gluantes non cristallisées qui opposent au passage à travers des parois poreuses (diosmose) une résistance bien plus grande que les cristaux. Bien qu'on n'ait pas réussi encore à connaître exactement la constitution moléculaire de l'albumine, les travaux des chimistes ont conduit cependant à quelques résultats généraux définitifs qui présentent pour nous une grande importance : telle la conception générale de la *constitution moléculaire*.

La Molécule d'albumine. — Les molécules sont les parties les plus petites en lesquelles on puisse diviser la masse de tout corps naturel sans modifier ses caractères chimiques. Les molécules de chaque combinaison chimique sont en conséquence formées de deux ou de plusieurs atomes d'espèce différente. Plus le nombre des atomes d'une combinaison est grand, plus aussi est grand le poids moléculaire de cette combinaison. Les intervalles entre les molécules et entre les atomes qui les constituent sont remplis par la matière impondérable appelée éther. Comme, les molécules les plus grandes n'occupent cependant qu'un espace très restreint et demeurent invisibles mais sous un fort grossissement, les conceptions que nous nous faisons à leur sujet reposent sur des théories de physique générale et sur des hypothèses chimiques spéciales. La *stéréochimie*, ou science de la structure moléculaire des combinaisons chimiques, n'en est pas moins une branche légitime de la philosophie naturaliste. Elle nous permet de calculer approximativement la grandeur relative de la molécule et le nombre des atomes qui s'y trouvent groupés. Mais les albuminoïdes présentent à cet égard de grandes difficultés et leur structure intime n'est pas connue avec certitude. Les résultats généraux obtenus jusqu'ici peuvent être formulés comme suit : 1° La molécule d'albumine est extraordinairement grande et son poids moléculaire très élevé (supérieur à celui des autres

combinaisons); 2° le nombre des atomes qui la constituent est très grand (et dépasse probablement mille); 3° la position des atomes et des groupes d'atomes dans la molécule d'albumine est très compliquée et en même temps très variable. Ces propriétés, que la chimie moderne attribue à tous les albuminoïdes, sont aussi celles des corps plasmatiques. Mais en ces derniers elles sont plus accusées, parce que le phénomène du changement de substance dans la matière vivante est accompagnée de modifications incessantes dans la disposition des atomes. Celle-ci est causée, d'après Franz Hofmeister et d'autres, par la formation de ferments et d'enzymes, c'est-à-dire de *catalyseurs* de nature colloïdale. Verworn, en se plaçant au point de vue physiologique a nommé cette molécule de plasma *biogène*.

Structure élémentaire du plasma. — La connaissance que nous a donnée de la signification et de l'essence des organes l'anatomie comparée et de celles des cellules l'histologie comparée a comme de juste éveillé le désir de connaître, par la même voie, la structure élémentaire du plasma, partie la plus importante de la cellule vivante. Les méthodes perfectionnées de la cytologie moderne, les progrès dont elle est redevable au microtome et aux méthodes raffinées de coloration de la microchimie ont poussé de nombreux observateurs de ces dernières décades à déterminer la structure de l'organisme élémentaire et à édifier sur cette base des hypothèses sur la « structure élémentaire du protoplasma ». Toutes ces représentations théoriques présentent à mon sens un défaut capital : elles se rapportent à des structures microscopiques qui n'appartiennent pas au plasma comme tel (c'est-à-dire en tant que corps chimique) mais au corps cellulaire (cytosoma) qui est sans doute la partie la plus importante du plasma. Mais ces structures microscopiques ne sont pas les *causes* efficientes du processus vital; elles n'en sont que les produits. Ce sont des productions phylogénétiques des nombreuses différenciations éprouvées progressivement, au cours de millions d'années, par le plasma originairement homogène et sans structure. Je regarde donc toutes ces « structures plasmatiques » (rayons, fils, granulations, etc.), non pas comme primaires mais comme acquises, secondaires. Le plasma à structures ne peut être appelé que *métaplasma*, c'est-à-dire plasma différencié et modifié par le processus vital même. Le véritable *protoplasma*

substance semi-fluide et chimiquement homogène ne peut à notre sens posséder une structure anatomique. C'est d'ailleurs ce dont on se rendra compte plus loin, lorsqu'il sera question des Monères, véritables « organismes sans organes ».

Protoplasma et métaplasma. — La plus grande partie du plasma accessible en tant que substance vivante des organismes à l'investigation est du métaplasma. Et l'on devrait réserver le nom de protoplasma au plasma présentant encore la constitution chimique homogène qu'il avait primitivement. Mais ce mot a été employé dans tant d'acceptions diverses qu'on ne peut plus l'employer avec son sens étymologique. C'est pourquoi il vaudra mieux appeler le plasma primaire *archiplasma*. On le rencontre encore actuellement : dans le corps de presque toutes les Monères, d'une partie des Chromacées et des Bactéries, chez les Protamibes et les Protogènes ; puis dans le corps de tout jeunes Protistes et de jeunes cellules histonales, mais dans ce cas déjà avec différenciation en karyoplasma et en cytoplasma. Si l'on étudie ces cellules jeunes au moyen de la méthode moderne des colorants et avec un fort grossissement, on voit leur protoplasma complètement homogène et sans structure ; ou bien l'on découvre quelques granulations disséminées ça et là et qu'on doit regarder comme le produit du changement de substance. Ceci se constate aisément chez beaucoup de Rhizopodes, spécialement les Amibes, les Thalamophores et les Mycétozoaires. Il existe de grandes Amibes qui émettent des prolongements mobiles à forme sans cesse changeante. Si on les tue et qu'on les étudie en détail, on constate qu'il est impossible d'y découvrir une structure quelconque. Et ceci vaut également pour les pseudopodes des Mycétozoaires et de beaucoup d'autres Rhizopodes. En outre l'extension lente du protoplasma semi-fluide montre nettement qu'il ne contient pas de matières solides, fut-ce extrêmement petites : on s'en rend compte surtout en examinant les Amibes et les Mycétozoaires qui possèdent une écorce hyaline, plus solide et dénuée de granulations (*hyaloplasma*) et une moelle (*polioplasma*) plus ou moins différenciée, trouble, molle et pourvue de granulations. Toutes deux sont semi-fluides et ne sont pas séparées l'une de l'autre par une démarcation nette : c'est-à-dire qu'il n'existe pas de structure.

Activité du plasma (fonctions physiologiques de la substance vivante). — La vie organique, considérée dans sa forme la plus basse et la plus simple n'est pas autre chose qu'un changement de substance c'est-à-dire un *processus chimique*. Toute l'activité vitale des Chromacées, organismes les plus anciens et les plus simples, se réduit à ce processus d'*assimilation de carbone* ou *plasmodomie*. Les pains de plasma sphériques, homogènes et sans structure qui constituent ces Protophytes primitifs (*Chroococcus*, *Aphanocapsa*, etc.) épuisent toute leur activité vitale dans le processus de la conservation ; ils conservent leur individu à l'aide d'un changement de substance simple ; ils poussent par intégration de plasma nouveau et se divisent ensuite dichotomiquement en deux grains de plasma sphériques semblables dès qu'une certaine limite de croissance a été atteinte : la reproduction par division constitue la conservation de l'espèce. De même que ces Chromacées ne possèdent pas d'organes (ou d'organelles) spéciaux, de même toute leur activité vitale n'est pas différenciée en fonctions particulières. Nous verrons plus loin qu'il ne s'agit ici que d'un processus purement chimique, semblable à la *catalyse* des combinaisons inorganiques, processus qui n'a besoin ni d'organes spéciaux, ni de structures fines. Le but de la vie, la conservation de soi-même, est atteint avec autant de simplicité que dans la catalyse des combinaisons inorganiques ou dans les formations des cristaux dans l'eau-mère.

Si l'on compare cette activité simple des Monères à celle des Protistes déjà différenciés (par ex. les Diatomées et les Desmidiacées, les Radiolaires et les Infusoires) on juge le progrès énorme ; et ce progrès apparaît comme plus étonnant encore si on les compare aux Histonaux, c'est-à-dire aux Métaphytes et aux Métazoaires, dans le corps desquels des millions de cellules coopèrent à l'activité des divers organes et tissus.

Structures du métaplasma. — Dans la plupart des cellules, tant des cellules de Protistes autonomes que des cellules histonales, on distingue dans le plasma des structures fines diverses. Nous les regardons toujours comme des produits secondaires de l'activité vitale. Les nombreuses interprétations suggérées par les figures microscopiques de ce métaplasma ont conduit à des conceptions et à des controverses diverses, où le désir de découvrir dans ces structures plasma-

tiques les causes premières de l'activité vitale ou les organes élémentaires de la cellule a joué un rôle important. Les principales des théories ainsi édifiées sont les doctrines de la structure en écume, de la structure en châssis, de la structure en fils et de la structure en granulations. Toutes ces théories valent pour le plasma en général, mais aussi pour ses deux formes principales, le Karyoplasma du noyau et le Cytoplasma du corps cellulaire.

I. **Structure en écume** (ou en rayons) du plasma. — Parmi les nombreuses tentatives pour définir une construction précise de la substance vivante, c'est la théorie de l'écume, des rayons ou alvéolaire qui a reçu le plus d'approbation. C'est surtout Otto Bütschli de Heidelberg qui a, en se fondant sur de longues recherches, tenté de faire de cette théorie la base de nos conceptions sur le plasma. Sans doute, le plasma vivant de nombreuses cellules montre une structure fine qu'on peut comparer à de la mousse de savon légère ; d'innombrables petites bulles sont pressées l'une contre l'autre et acquièrent ainsi une forme polyédrique. En 1872, Bütschli fit de la mousse d'huile très légère en frottant de l'huile d'olive avec du sucre de canne ou de la potasse et en jetant une goutte de cette masse à particules très fines dans une goutte d'eau qu'il examina au microscope. Les petites particules de sucre agirent par diffusion sur les particules d'eau qui pénétrèrent dans la masse d'huile ; le sucre s'étant dissous, il resta de petites bulles à paroi d'huile qui prirent une forme polyédrique. La ressemblance de ces « mousses de savon d'huile » avec les structures, visibles au microscope, de nombreuses espèces de plasma présente d'autant plus d'intérêt que Bütschli, G. Quincke et d'autres y constatèrent l'existence de courants, explicables par les phénomènes physiques d'adhésion, d'imbibition, etc. C'est pourquoi l'on crut avoir une raison de ramener aussi à des forces purement physiques les mouvements dits « vitaux » du plasma vivant. C'est dans ce sens que récemment Ludwig Rhümbler de Göttingen, spécialisé dans l'étude des Rhizopodes publia sa *Physikalische Analyse von Lebenserscheinungen der Zelle.* (Analyse physique des manifestations vitales de la cellule). Il faut cependant remarquer que sous ce nom de théorie de l'écume il a été confondu plusieurs phénomènes, d'une part la formation grossière d'écume par absorption d'eau dans la substance vivante, de l'autre une structure moléculaire hypothétique

parce qu'invisible ; et toutes deux doivent être distinguées de la structure fine du plasma, visible au microscope. Mais les limites sont difficiles à tracer.

II. Structure en châssis du plasma. — Une autre théorie, qui fut admise par beaucoup avant même la théorie de l'écume fut édifiée, en 1875, par Carl Fromann et Carl Heitzmann, puis soutenue par Leydig, Schmitz et d'autres. Elle prétend que le plasma est constitué par un châssis de fils très fins (ou fibrilles) reliés en forme de filet qui s'étendent et se ramifient à l'intérieur de l'espace cellulaire rempli de liquide. On compare volontiers cette structure à celle d'une éponge, et on la nomme parfois structure *spongieuse*. On peut également construire artificiellement des structures de ce genre, en ajoutant par exemple de l'alcool à une solution épaisse de colle ou d'albumine. Sans nul doute, il existe en effet des « châssis plasmatiques » tant dans le noyau que dans le corps cellulaire ; mais ce ne sont là que des produits secondaires de l'organisme élémentaire. De plus la coupe d'une écume ou d'un corps alvéolaire donne au microscope l'image de cette configuration en châssis. De toutes manières on ne saurait donc la regarder comme la structure élémentaire du plasma.

III. Structure en fils du plasma. — Comme il est aisé de discerner dans le Karyoplasma et dans le Cytoplasma de nombreuses cellules des fils ténus, Flemming, de Kiel, a pensé (1882) que toutes les cellules étaient constituées de cette manière : d'où sa théorie *filaire* du plasma. Il admet que toute substance vivante est formée de deux espèces plasmatiques différentes, la substance filaire et la substance interfilaire. Les fils ténus de la première sont tantôt longs, tantôt courts, simples ou divisés, ramifiés ou en forme de filet (*mitoma* et *paramitoma*). Dans certains stades de la vie cellulaire, surtout lors de la « division cellulaire indirecte » ces formations filaires jouent en effet un grand rôle ; il en est de même des cellules différenciées comme celles des ganglions. Mais dans nombre de cas les fils plasmatiques peuvent n'être que le profil d'une coupe d'une structure en écume. En tout cas on ne saurait les regarder comme la structure élémentaire générale du plasma et je ne les considère que comme des produits secondaires phylétiques de la substance vivante.

IV. Structure en granules du plasma. — C'est à un tout autre point de vue que se place Altmann (1890) avec sa théorie granulaire. Il admet que toute substance vivante provient originairement d'un petit grain sphérique (*granulæ*) et que ces *bioblastes* sont les organismes élémentaires, les individus microscopiques de premier ordre. Il faudrait donc regarder les cellules, constituées par des unions de granules, comme des individus de deuxième ordre Entre les granules se trouverait une substance *intergranulaire* où les granules seraient placés suivant un arrangement déterminé. Les granules ou bioblastes sont homogènes, tantôt sphériques, tantôt ovoïdes, etc. Mais cette distinction entre deux substances est artificielle, et ne se laisse préciser ni chimiquement ni morphologiquement. Altmann englobe sous cette notion de granule les parties composantes cellulaires les plus diverses : grains de graisse, grains de pigment, grains de sécrétion, etc. C'est pourquoi nul n'accepte plus la théorie d'Altmann. Cependant elle contient une idée juste, à savoir que les propriétés et les fonctions vitales de la substance vivante ne peuvent être expliquées que par les petites particules composantes qui se meuvent dans une substance demi-fluide. Mais ces éléments composants ne sont pas visibles au microscope : ils appartiennent au domaine moléculaire. Et je considère d'ailleurs les granules ou bioblastes d'Altmann non comme des structures élémentaires mais comme des produits secondaires du plasma.

Structure moléculaire du plasma. — Comme les qualités et les activités spéciales de tout corps naturel dépendent de sa constitution chimique, laquelle dépend à son tour, en dernière instance, de la constitution de sa molécule, il est du plus haut intérêt pour la biologie générale d'avoir une idée claire et précise de l'essence et des qualités de la molécule de plasma. Malheureusement on ne peut résoudre ce problème qu'approximativement ; difficile déjà pour les corps ordinaires, l'investigation l'est surtout quand il s'agit d'albuminoïdes ; et les seuls résultats généraux acquis jusqu'à ce jour sont ceux énumérés ci-dessus.

Depuis qu'en 1859, Darwin a mis au premier plan la question de l'hérédité, on a édifié beaucoup de théories pour expliquer cette merveille de la vie. Toutes en reviennent aux relations moléculaire du plasma dans les cellules des germes, par lesquels s'opère la reproduction. Toutes les recherches récentes appro-

fondies sur le mécanisme de la reproduction et de l'hérédité ont donc profité à l'étude moléculaire du plasma. Je renvoie pour une analyse détaillée de ces théories au chap. IX de ma *Création Naturelle*. Par ordre chronologique il faut citer 1° la théorie de la pangénèse, de Darwin, 1868 ; 2° la théorie de la périgénèse, d'Hæckel, 1875 ; 3° la théorie de l'idioplasma de Nægeli, 1884 ; 4° la théorie du plasma germinatif de Weismann, 1885 ; la théorie de la pangénèse de De Vries, 1889. Aucune de ces tentatives n'offre en définitive de solution satisfaisante du problème de l'hérédité et de la structure moléculaire du plasma. On ne sait même pas si la vie se ramène en dernière instance à une molécule unique ou à un groupe de molécules. On peut à ce dernier point de vue distinguer deux groupes d'hypothèses, celles des plastidudes et celles des micelles.

Plastidule et biogène. — Dans mon mémoire sur *La périgénèse de la Plastidule*, 1875, j'avais émis cette hypothèse que c'est la plastidule, c'est-à-dire la molécule de plasma, qui est le support de l'hérédité et qui possède la mémoire. Je me fondais sur la doctrine de Ewald Hering qui avait défini, en 1870, « la mémoire comme une propriété générale de la matière organique ». Aujourd'hui encore je ne vois pas comment expliquer sans admettre ce point de vue, les faits d'hérédité. Et même le terme de *reproduction*, qui s'applique aux deux processus, exprime le caractère commun de la génération et de la mémoire psychique. (Cf. le livre important de R. Semon, *Die Mneme*, 1904). Par *plastidule* j'entends la molécule simple. Car la constitution homogène du plasma des Monères (tant des Chromacées que des Bactéries et des Rhigomonèces) et la simplicité primitive de leurs fonctions vitales n'oblige pas à leur attribuer déjà une constitution en groupes de molécules. C'est dans le même sens que récemment Max Verworn (1903) a formulé son hypothèse du *biogène*, en tant que « étude critique et expérimentale sur les processus dans la matière vivante ». Lui aussi admet que la molécule active de plasma, qu'il nomme biogène, est le facteur individuel primordial du processus vital ; et il pense que dans le cas le plus simple le plasma est formé de molécules, biogènes de même espèce.

Micelles et biophores. — Les hypothèses de Nægeli (1884) et de Weismann (1885) diffèrent des précédentes en ce qu'ils ne

regardent pas les « unités vitales », comme des molécules homogènes de plasma, mais comme des groupes de molécules formés de plusieurs molécules d'espèces différentes. Nægeli nomme ces groupes *micelles* et leur attribue une structure cristalline; il pense que ces micelles sont rangés en forme de chaîne et que c'est par les divers modes de sériation et de configuration de ces chaînes que s'explique la variété des innombrables formes plasmatiques et de leurs fonctions. Weismann de son côté affirme (p. 404) : « La vie ne peut provenir que d'une union déterminée de molécules d'espèces différentes et c'est de groupes moléculaires de cet ordre qu'est formée toute substance vivante. Une molécule unique ne peut ni assimiler, ni croître, ni se reproduire ». Je ne conçois pas l'exactitude de cette affirmation; car toutes les propriétés chimiques et physiologiques que Weismann attribue à ses *biophores* hypothétiques peuvent aussi bien appartenir à une molécule unique qu'à un groupe de molécules. Chez les Monères les plus simples (tant Chromacées que Bactéries), l'essence de la « vie la plus simple », s'explique autant par la première théorie que par la seconde. Sans doute, on ne saurait nier l'extrême complication de la structure chimique des plastidules ou des biogènes, molécules relativement grandes. L'hypothèse de Verworn me semble suffisante pour permettre de regarder cette « molécule de la substance vivante » comme le facteur vital primordial.

Karyoplasma et cytoplasma. — Le processus le plus important de l'histoire généalogique du plasma, c'est sa séparation en substance nucléaire (Karyoplasma) interne et en substance corporelle (Cytoplasma) externe. Ces deux espèces de plasma proviennent par différenciation chimique du plasma simple des Monères et ainsi se sont constitués le noyau et le cytosoma. Comme toutes deux, bien que chimiquement différentes, sont très proches et agissent intimement, l'une sur l'autre, pendant la division indirecte et la karyolyse partielle qui s'y rattache, nous pouvons admettre que cette séparation des deux substances ne s'est produite que lentement au cours de longues séries de siècles. Ce n'est pas par une variation brusque ou *mutation*, mais par un développement progressif que la cellule primitive ou *cytode* a produit la cellule nucléée ou *cytos*. Tous deux peuvent être réunis sous le concept plus élevé de *plastide* en tant qu'individu « de premier ordre ». (*Generelle Morphologie*, 1866, Livre III).

SOMMAIRE

Unités vitales. — Organismes simples et composés. — Individus morphologiques et physiologiques. — Morphontes et biontes. — Degrés de l'individualité. — Biontes actuels et virtuels. — Biontes partiels et généalogiques. Individus métaphysiques. — Cellules (organismes élémentaires). — Membrane cellulaire. — Cellules sans noyau. — Plastides (cytodes et cellules). — Cellules primitives et cellules nucléées. — Organelles (organes cellulaires). Associations cellulaires (cœnobies). — Tissus des histones (métaphytes et métazoaires). — Organes des histones. — Systèmes organiques, appareils, individus histonaux (Bourgeons et personnes). — Division des histonaux (métamérie). — Cormus des histones. — Sociétés animales.

BIBLIOGRAPHIE

ERNST HAECKEL, 1866. — *Generelle Tectologie oder allgemeine Structurlehre der Organismen* (3e livre de : *Generelle Morphologie*, Bd I. p. 239-374).

ERNST HAECKEL, 1878. — *Ueber die Individualität des Thierkörpers. Ienaische Zeitschrift fur Naturwissenschaft*, Bd XII.

ALEXANDRE BRAUN, 1853. — *Das Individuum der Pflanze in seinem Verhältniss zur Species*. Berlin.

RUDOLF VIRCHOW, 1858. — *Die Cellular-Pathologie in ihrer Begründung auf physiologische and pathologische Gewebelehre*, 4e éd., 1871. Berlin.

ERNST BRUCKE, 1861. — *Die Elementar-Organismen*. Wien.

FISCH, 1880. — *Aufzählung und Kritik der verschiedenen Ansichten über das pflanzliche Individuum*. Rostock.

AUGUSTE COMTE. — *Cours de philosophie positive*, vol. 5 et 6, *Sociologie*. Paris.

HERBERT SPENCER, 1877. — *Sociologie*.

ALBERT SCHÆFFLE. — *Bau und Leben des socialen Körpers*. Tubingue.

THÉOD. RIBOT, 1903. — *Die Schöpferkraft der Phantasie*. Benn.

LESTER WARD, 1903. — *Pure Sociology. A treatise on the origin and spontaneous development of Society*.

LUDWIG WOLTMANN, 1901. — *Politisch-Anthropologische Revue. Monatschift für das sociale und geistige Leben der Völker*. Eisenach.

A. PLŒTZ, 1904. — *Archiv für Rassen und Gesellschafts Biologie*. Berlin.

NATUR UND STAAT, 1903. — *Beiträge zur naturwisenschaftlichen Gesellschaftslehre. Eine Sammlung von Preisschriften*. Iena.

Unités vitales. — L'étude des organes des animaux et des végétaux supérieurs a conduit de bonne heure à distinguer des organismes simples et composés. On reconnut au cours du dernier siècle que la cellule est la base anatomique commune à tous les êtres vivants. Elle est un organisme élémentaire et le corps de tous les êtres supérieurs est un état formé de millions de cellules qui coopèrent à la vie générale de l'organisme. Cette pensée fondamentale de la théorie cellulaire a été appliquée avec succès par Rudolphe Virchow à la pathologie. Les cellules sont, d'après la conception de l'illustre anatomiste, des unités vitales ou des foyers vitaux individuels. La vie de l'homme est le résultat combiné des activités des cellules qui le composent. L'indépendance des cellules est évidente chez les Protistes, dont nous connaissons plusieurs milliers d'espèces.

D'autre part, chez les plantes supérieures et les animaux inférieurs, nous trouvons une composition de parties semblables, qui représente un degré supérieur d'unité vitale. L'arbre est un individu, mais il est compsé de branches ou plantes individuelles, dont chacune se compose d'un axe et de feuilles. Si nous détachons un rameau et que nous le plantons en terre, il s'enracine et devient une plante indépendante. De même, la tige du corail est formée d'innombrables individus dont chacun possède une bouche, une cavité digestive et une couronne de tentacules ; chaque individu coralliaire a la valeur d'une actinie. Ainsi le cormus apparaît dans les deux règnes comme une unité supérieure. Les troupeaux des animaux sociables, les essaims d'abeilles et de fourmis, les états humains sont des sociétés analogues, à cette différence près que leurs composants ne sont pas unis corporellement. Nous pouvons dès lors distinguer déjà trois degrés d'individualité organique : la cellule, l'individu et le cormus. Chaque unité supérieure constitue une société d'unités inférieures. Morphologiquement, celles-ci sont indépendantes ; mais physiologiquement, elles sont soumises à la première.

découvert en 1876, s'il ne jouait un rôle important au moment de la division indirecte. En tant que corpuscule du pôle dans la figure de la karyokinèse, le centrosoma exerce une attraction spéciale sur les granulations disséminées à l'intérieur du cytoplasma. Les centrosomes croissent d'eux-mêmes et se multiplient par division, comme les chromoplastes (grains de chlorophylle, etc.). Une fois divisés, chaque microsome agit de nouveau comme pôle d'attraction sur la moitié de cellule correspondante. La grande signification que les cytologues ont récemment attribuée au centrosoma est affaiblie cependant par deux circonstances : d'abord, on n'a jamais réussi à découvrir un centrosoma dans les cellules des plantes supérieures et de nombreux Protistes ; puis, on a pu, ces temps derniers, et à plusieurs reprises, reconstituer artificiellement du centrosoma dans le cytoplasma, par adjonction de chlorure de magnésium. C'est pourquoi plusieurs cytologues regardent le centrosoma comme un produit secondaire de différenciation, non pas du cytoplasma, mais du karyoplasma.

Karyothèque et karyolymphe. — Ce sont également des parties composantes du noyau qui se rencontrent dans beaucoup de cellules, mais non dans toutes. La karyothèque est une membrane très mince qui entoure le liquide nucléaire à l'intérieur duquel l'achromine forme une sorte de filet entre les réseaux duquel sont répartis les grains de chromatine. Cette membrane peut être regardée comme un produit de la tension superficielle. Quant au liquide d'ordinaire clair et transparent, ou karyolymphe, il se produit par imbibition d'eau. Cette séparation entre la membrane et le liquide nucléaires n'est pas une propriété primitive du noyau, mais provient d'une différenciation secondaire.

Cytoplasma. — Tout comme le noyau, le cytoplasma provient d'une modification chimique du plasma homogène primitif (archiplasma). Ceci est démontré par la biologie comparée des Protistes. Cependant le cytoplasma est, dans la majorité des cellules, différencié en un grand nombre de parties composantes, lesquelles présentent des formes et des fonctions diverses. C'est alors que la finalité de l'organisation cellulaire, qui manque encore aux corps plasmatiques homogène des Monères, se manifeste avec netteté. Comme cette différenciation de l'organisme élémentaire perfectionné a été généralisée par maints cytologues récents et

regardée par eux comme une propriété générale, il est nécessaire de répéter catégoriquement qu'elle ne s'est développée phylogénétiquement que postérieurement et qu'elle manque tout à fait aux organismes primitifs. La division du travail physiologique (ergonomie) et la différenciation morphologique qui lui correspond (polymorphisme) est étonnamment grande dans le cytoplasma. Si l'on tente, en se plaçant à un point de vue général, de répartir ces phénomènes suivant des groupes déterminés, on peut distinguer les produits plasmatiques actifs des produits plasmatiques passifs. Les premiers se forment par métamorphose chimique du plasma vivant, les autres en sont des excrétions mortes. (Cf. *Generelle Morphologie*, t. I, p. 274-289.)

Produits actifs de différenciation. — J'entends par là tous les produits du plasma qui sont des parties de substance vivante et qui accomplissent des fonctions spéciales. L'une des premières différenciations de cet ordre est la séparation entre une couche solide hyaline (hyaloplasma) et une couche centrale, molle et granulée (polioplasma); toutes deux se joignent souvent sans qu'on puisse tracer une ligne nette de démarcation. Dans la plupart des plantes se forment des grains de plasma, sphériques ou circulaires, qui exécutent des actes spéciaux du processus de changement de substance ; ce sont les *trophoplastes*. Dans cette catégorie rentrent les amyloplastes qui produisent de l'amidon, les chloroplastes ou grains de chlorophylle, les chromoplastes, qui produisent des cristaux colorés de diverses sortes. Dans les cellules des organismes des animaux supérieurs, les myoplastes constituent le tissu contractile spécial de la substance musculaire ; les neuroplastes, le tissu psychique de la substance nerveuse. Par contre, la distinction tranchée entre somoplasma et germoplasma, qui est à la base de la théorie du plasma germinatif de Weismann, ne saurait être admise. (Cf. le chap. XVI.)

Produits passifs du plasma. — Ils peuvent être répartis en deux groupes, ceux qui sont déposés à l'intérieur du cytoplasma et ceux qui sont expulsés au dehors.

Parmi les produits du premier groupe, les plus répandus sont les *microsomes*, petits grains très réfringents qui sont d'ordinaire regardés comme des produits de changement de substance. Ils sont formés de graisse, de dérivés de l'albumine ou d'autres

substances dont il est difficile de déterminer la constitution chimique. Ceci vaut également pour les graisses de *pigment* qui conditionnent les différentes colorations des tissus. On trouve encore dans le cytoplasma des amas de graines sous forme de sphérules d'huiles, puis des *cristaux* de toutes sortes, soit organiques, soit inorganiques. Dans beaucoup de grandes cellules circule un suc spécial, très important, la *sève* (cytolymphe), qui se rencontre déjà dans la structure écumeuse. Les grandes cavités du cytoplasma sont dites vacuoles, celles qui sont rangées régulièrement alvéoles ; lorsque la sève s'accumule en grande quantité à l'intérieur de la cellule, il se forme de grandes cellules en forme de bulle, comme celles des plantes supérieures, etc.

Produits plasmatiques externes. — Les plus importants sont les *organes protecteurs* de la cellule, notamment les *membranes* cellulaires. Pendant la première période (1838-1859) des études cytologiques, on attribuait ces membranes à toutes les cellules et on les regardait même comme leur élément le plus important. Depuis on s'est rendu compte que cette enveloppe protectrice manque à beaucoup de cellules, surtout animales, que beaucoup de cellules jeunes n'ont pas de membranes, et n'en acquièrent une que postérieurement. C'est pourquoi l'on distingue aujourd'hui des *cellules nues* (gymnocytes) et des *cellules à enveloppe* (thécocytes). Dans la première catégorie rentrent par exemple les Amibes et beaucoup d'Infusoires, les spores des Algues, les spermatozoaires, de nombreuses cellules histonales, etc.

L'enveloppe (cythothèque) présente une grande variabilité quant à sa grandeur, sa forme, sa constitution chimique, etc., chez les Protistes monocellulaires, notamment les Radiolaires. Les coquilles siliceuses des Radiolaires et des Diatomées, les coquilles calcaires des Thalamophores et des Calcocytées, les coquilles en cellulose des Desmidiacées et des Siphonées sont une preuve de l'étonnante plasticité du cytoplasma (voir le chap. VIII). Chez les Histonaux, les plantes à tissus se distinguent par l'extrême diversité de leurs capsules de cellulose. Les qualités bien connues du bois, du liège, de l'écorce, des coquilles de fruits, etc., sont conditionnées par les modifications multiples et la différenciation morphologique que subit la membrane en cellulose dans les tissus des Métaphytes. Ce processus est moins accusé chez les

Métazoaires, chez qui, par contre, un rôle considérable est dévolu à la substance intercellulaire et à la substance cuticulaire.

Substance intercellulaire. — Ce produit plasmatique provient de ce que les cellules associées des tissus forment en commun des enveloppes protectrices solides. Ces formations sont déjà très répandues chez les cénobies de Protistes qui constituent des masses de gelée à l'intérieur de laquelle sont disposées de nombreuses cellules de même espèce, telles la zooglée de nombreuses Bactéries et Chromacées, l'enveloppe gélatineuse des Volvocines et de plusieurs Diatomées, les unions sphériques de cellules des Polycytaries ou Radiolariées sociales. Les substances intercellulaires jouent un rôle important dans le corps des Métazoaires supérieurs en tant que tissus mésenchymateux (dans les cartilages, les os, etc.).

Substance cuticulaire. — Lorsque les cellules épidermiques associées, forment à la surface d'un corps histonal une enveloppe protectrice commune, il se constitue ce qu'on nomme des cuticules, sortes d'armures souvent très épaisses et très solides. Chez beaucoup de Métaphytes il se dépose dans la cuticule en cellulose de la cire ou des silices. Les formations de cet ordre les plus solides se rencontrent chez les Invertébrés : telles les coquilles calcaires des mollusques (coquilles des huîtres, des moules, des escargots) et les recouvrements chitineux des Articulés (carapaces des Ecrevisses, des Araignées, des Insectes).

CHAPITRE VII

Unités vitales.

INDIVIDUS ET ASSOCIATIONS ORGANIQUES. — CELLULES, PERSONNES ET CORMUS. — ORGANELLES ET ORGANES.

« Voyez les apparences véritables
Voyez le jeu sacré !
Aucun être vivant n'est un,
Il est toujours multiple. »

GOETHE

« Notre corps est, comme celui de tous les animaux supérieurs, un état cellulaire. Les tissus correspondent aux différentes professions ou castes de l'état, les organes aux diverses fonctions ou institutions. A la tête se tient le pouvoir central, le système nerveux, le cerveau. Plus l'animal est élevé en organisation, plus l'état cellulaire est centralisé et plus le cerveau est puissant. »

Ames cellulaires et cellules psychiques,

E. HAECKEL,
(*Gesammelte Schriften*, 1878).

SOMMAIRE

Unités vitales. — Organismes simples et composés. — Individus morphologiques et physiologiques. — Morphontes et biontes. — Degrés de l'individualité. — Biontes actuels et virtuels. — Biontes partiels et généalogiques. Individus métaphysiques. — Cellules (organismes élémentaires). — Membrane cellulaire. — Cellules sans noyau. — Plastides (cytodes et cellules). — Cellules primitives et cellules nucléées. — Organelles (organes cellulaires). Associations cellulaires (cœnobies). — Tissus des histones (métaphytes et métazoaires). — Organes des histones. — Systèmes organiques, appareils, individus histonaux (Bourgeons et personnes). — Division des histonaux (métamérie). — Cormus des histones. — Sociétés animales.

BIBLIOGRAPHIE

ERNST HAECKEL, 1866. — *Generelle Tectologie oder allgemeine Structurlehre der Organismen* (3e livre de : *Generelle Morphologie*, Bd I. p. 239-374).

ERNST HAECKEL, 1878. — *Ueber die Individualität des Thierkörpers. Ienaische Zeitschrift fur Naturwissenschaft*, Bd XII.

ALEXANDRE BRAUN, 1853. — *Das Individuum der Pflanze in seinem Verhältniss zur Species*. Berlin.

RUDOLF VIRCHOW, 1858. — *Die Cellular-Pathologie in ihrer Begründung auf physiologische and pathologische Gewebelehre*, 4e éd., 1871. Berlin.

ERNST BRUCKE, 1861. — *Die Elementar-Organismen*. Wien.

FISCH, 1880. — *Aufzählung und Kritik der verschiedenen Ansichten über das pflanzliche Individuum*. Rostock.

AUGUSTE COMTE. — *Cours de philosophie positive*, vol. 5 et 6, *Sociologie*. Paris.

HERBERT SPENCER, 1877. — *Sociologie*.

ALBERT SCHÆFFLE. — *Bau und Leben des socialen Körpers*. Tubingue.

THÉOD. RIBOT, 1903. — *Die Schöpferkraft der Phantasie*. Benn.

LESTER WARD, 1903. — *Pure Sociology. A treatise on the origin and spontaneous development of Society*.

LUDWIG WOLTMANN, 1901. — *Politisch-Anthropologische Revue. Monatschift für das sociale und geistige Leben der Völker*. Eisenach.

A. PLŒTZ, 1904. — *Archiv für Rassen und Gesellschafts Biologie*. Berlin.

NATUR UND STAAT, 1903. — *Beiträge zur naturwisenschaftlichen Gesellschaftslehre. Eine Sammlung von Preisschriften*. Iena.

Unités vitales. — L'étude des organes des animaux et des végétaux supérieurs a conduit de bonne heure à distinguer des organismes simples et composés. On reconnut au cours du dernier siècle que la cellule est la base anatomique commune à tous les êtres vivants. Elle est un organisme élémentaire et le corps de tous les êtres supérieurs est un état formé de millions de cellules qui coopèrent à la vie générale de l'organisme. Cette pensée fondamentale de la théorie cellulaire a été appliquée avec succès par Rudolphe Virchow à la pathologie. Les cellules sont, d'après la conception de l'illustre anatomiste, des unités vitales ou des foyers vitaux individuels. La vie de l'homme est le résultat combiné des activités des cellules qui le composent. L'indépendance des cellules est évidente chez les Protistes, dont nous connaissons plusieurs milliers d'espèces.

D'autre part, chez les plantes supérieures et les animaux inférieurs, nous trouvons une composition de parties semblables, qui représente un degré supérieur d'unité vitale. L'arbre est un individu, mais il est compsé de branches ou plantes individuelles, dont chacune se compose d'un axe et de feuilles. Si nous détachons un rameau et que nous le plantons en terre, il s'enracine et devient une plante indépendante. De même, la tige du corail est formée d'innombrables individus dont chacun possède une bouche, une cavité digestive et une couronne de tentacules ; chaque individu coralliaire a la valeur d'une actinie. Ainsi le cormus apparaît dans les deux règnes comme une unité supérieure. Les troupeaux des animaux sociables, les essaims d'abeilles et de fourmis, les états humains sont des sociétés analogues, à cette différence près que leurs composants ne sont pas unis corporellement. Nous pouvons dès lors distinguer déjà trois degrés d'individualité organique : la cellule, l'individu et le cormus. Chaque unité supérieure constitue une société d'unités inférieures. Morphologiquement, celles-ci sont indépendantes ; mais physiologiquement, elles sont soumises à la première.

Dans les exemples simples cités plus haut, ces relations sont évidentes. Mais il y a d'autres organismes où il n'en est pas ainsi, où la question de l'individualité est très difficile à résoudre. Ainsi l'étude des siphonophores a montré que ce qu'on avait pris pour des organes était au contraire autant de méduses transformées. Cet exemple est très instructif pour la théorie de l'association et de la division du travail. Le siphonophore est physiologiquement un animal unique avec de nombreux organes ; morphologiquement, chaque organe constitue une méduse primitivement indépendante. (alternante generation?)

Individus morphologiques et physiologiques. (Morphontes et Biontes). — On voit que la question de l'individualité varie suivant qu'on considère la forme et la structure, ou l'activité vitale et psychique. Il faut par conséquent distinguer des individus morphologiques ou morphontes et des individus physiologiques ou biontes. L'arbre et le siphonophore constituent des biontes, formés de nombreux bourgeons ou individus, les morphontes. Mais si nous décomposons ceux-ci en leurs organes, et ces organes en leurs éléments microscopiques, les cellules, chaque bourgeon, chaque individu nous apparaît comme un bionte ; les cellules sont alors des morphontes. Tout organisme pluricellulaire est issu d'une cellule ovulaire, qui est à la fois un morphonte et un bionte, un individu simple au point de vue morphologique et biologique. Tout le développement repose sur les divisions successives de cette cellule. Les cellules ainsi constituées restent unies et prennent diverses formes en vue de la division du travail.

Echelle de l'individualité morphologique. — L'Etat civilisé moderne peut être considéré comme le degré le plus élevé de la perfection individuelle. Mais nous ne pouvons comprendre l'organisation de cet individu d'ordre supérieur que si nous connaissons les diverses classes de la société, les lois de leur association et de leur division du travail, et si nous comprenons la nature des personnes qui constituent ces classes. La division des classes et des professions, la hiérarchie de l'armée et du gouvernement nous montrent comment un pareil organisme social s'est constitué.

Il en est de même dans l'Etat cellulaire qui constitue l'individu humain ou animal, ou le cormus végétal. L'organisme complexe, formé de nombreux organes et tissus, ne devient intelligible que

si nous connaissons ses éléments, les cellules, et les lois qui président à leur disposition. Il faut donc établir l'échelle des morphontes, les lois de leur association. Nous distinguons d'abord trois degrés : 1° la cellule ou plastide ; 2° la personne ou le bourgeon ; 3° le cormus. Mais dans chacun, il y a des degrés subordonnés. C'est seulement chez les protistes que l'unité morphologique coïncide avec l'unité physiologique. Chez les histones, il n'en est ainsi qu'au début de l'existence ; dès que la cellule ovulaire a constitué le corps pluricellulaire, celui-ci forme une individualité d'ordre supérieur.

actuante, ou en potentiel

Biontes actuels et virtuels. — A l'état adulte, l'organisme est un état cellulaire d'une très grande complexité ; à la naissance, il n'est formé que par une seule cellule. L'unité vitale du premier est un bionte actuel, celle du second un bionte virtuel, — c'est-à-dire l'individu physiologique a atteint dans le premier cas le degré le plus élevé du développement individuel, dans le second, il est au degré le plus bas et possède seulement la faculté de s'élever au degré supérieur. Chez les animaux et végétaux supérieurs, le bionte virtuel est formé par une seule cellule, produit de l'union de l'ovule et du spermatozoïde. Mais il y a des exceptions. Chez les hydraires chaque fragment de la paroi du corps, chez les spongiaires tout morceau de tissu, chez beaucoup de plantes (par exemple *Marchantia* parmi les cryptogames, *Bryophyllum* parmi les phanérogames) chaque fragment du thalle ou de la feuille, a la faculté de se développer en un organisme complet et constitue par conséquent un bionte virtuel.

Individus partiels. — Il faut distinguer des biontes virtuels les biontes partiels ; ce sont des fragments détachés du corps, qui vivent encore un certain temps mais ne peuvent reconstituer l'organisme. Ainsi le cœur extirpé d'une tortue peut continuer à battre pendant des heures, pendant des jours ; une fleur placée dans l'eau peut vivre longtemps encore. Chez certains Céphalopodes, l'un des bras du mâle se développe en individu indépendant, se détache et va opérer la fécondation de la femelle (hectocotyle de l'Argonaute, du Philonexis, etc.) ; on l'a pris autrefois pour un parasite. Il en a été de même des appendices dorsaux d'un mollusque (Thétys) qui se détachent et se déplacent isolément. On peut découper le corps de nombreux animaux et végétaux

inférieurs, et les morceaux ainsi détachés demeurent vivants pendant des semaines entières. La vitalité de ces biontes partiels est importante au point de vue de la question générale de la nature de la vie et de son unité apparente chez les organismes supérieurs. En fait, ici aussi les cellules et les organes jouissent d'une vie individuelle, quoique subordonnée à celle de l'ensemble.

Individus généalogiques. — On a cherché à résoudre le problème de l'individualité en comptant comme un individu tous les organismes issus d'un seul œuf fécondé. Ainsi, dès 1816, le botaniste italien Gallesio considérait toutes les plantes qui se reproduisent par voie asexuée (bourgeonnement ou division) — bourgeons, coulants, cayeux, etc. — comme les fragments d'un seul individu issu de la graine. De même en 1855, Huxley considérait comme les parties de l'individu initial tous les animaux nés par reproduction asexuée. Cette conception ne saurait entrer dans la pratique ; car il faudrait prendre pour un seul individu les millions de pucerons nés parthénogénétiquement et qui ont pour ancêtre commun un individu né d'œuf fécondé. De même tous les saules pleureurs d'Europe proviennent de boutures d'un individu primitif.

Individus métaphysiques. — On a tenté, au cours du XIXe siècle, diverses solutions du problème de l'individualité organique. J'en ai donné un exposé comparatif en 1866 dans le troisième livre de ma *Morphologie générale*. J'ai tenu compte surtout des idées de Gœthe, Alexandre Braun et Naegeli parmi les botanistes, de Jean Müller, Leuckart et Victor Carus parmi les zoologistes. Lorsqu'on voit quelle est la divergence profonde de leurs opinions, on ne peut s'étonner qu'aujourd'hui encore on ne soit pas arrivé à un accord parfait sur cette question. On ne saurait trop reprocher aux métaphysiciens d'avoir fait à ce sujet les spéculations les plus hasardeuses et les plus fantaisistes, sans aucune connaissance des faits réels ; que l'on compare, par exemple, les anciens scholastiques, et parmi les modernes, Schopenhauer et Edouard von Hartmann. Généralement le côté psychologique du problème passe au premier plan, sans qu'on tienne compte du substratum matériel de l'âme. Beaucoup de métaphysiciens qui prennent ici encore l'homme comme mesure de toutes choses, placent la conscience personnelle à la base de

l'idée de l'individu. Il est de toute évidence que même chez les animaux supérieurs, cela ne donne pas une base sérieuse et solide; à plus forte raison en est-il de même chez les animaux inférieurs et chez les plantes. Chez ceux-ci nous trouvons une plus grande variété du phénomène individuel, et une plus grande simplicité dans les degrés inférieurs. J'ai montré, dès 1878, comment on peut résoudre ces questions tectologiques. Il suffit de distinguer les trois degrés de l'individualité et de mettre en évidence son côté morphologique et physiologique. Il nous faut étudier la cellule, la personne et le cormus.

La cellule. — Depuis le milieu du XIXe siècle la théorie cellulaire est une des théories biologiques les plus importantes ; tout travail scientifique se base nécessairement sur cette conception. Cependant nous sommes encore très loin de posséder des idées parfaitement claires sur cette conception fondamentale ; les idées des biologistes sur la cellule et ses rapports avec l'organisme présentent encore de nombreuses divergences. Ces contradictions s'expliquent par la complexité et la variété des phénomènes et par l'histoire de la théorie, au cours de laquelle le concept de cellule a subi de grandes et importantes variations. Il est donc indispensable que nous jetions un rapide coup d'œil sur cet historique.

Le concept de cellule. — C'est dans le dernier tiers du XVIIe siècle que Malpighi, en Italie, et Grew, en Angleterre ont appliqué, pour la première fois, le microscope à l'étude des végétaux. Ils y observèrent une structure analogue à celle des cellules d'un rayon de miel. C'est à Schleiden, le véritable fondateur de la théorie cellulaire, que revient le grand mérite d'avoir montré que tous les tissus des plantes sont à l'origine formés de cellules (1838). Théodore Schwann fit la même démonstration pour les tissus des animaux ; il étendit la théorie cellulaire à l'ensemble des organismes (1839). Ces deux illustres savants considéraient la cellule comme une vésicule, dont la membrane renferme un contenu liquide et un noyau solide ; ils la comparèrent à un cristal organique et crurent qu'elle naît par une sorte de cristallisation d'une solution-mère organique (cytoblastème) ; le noyau agirait comme point de départ à la façon du noyau cristallin.

Membrane cellulaire. — De 1839 à 1859, on admit que la cellule est composée de trois parties essentielles : la membrane extérieure, le suc cellulaire et le noyau, et on la comparait à une

cerise. Ce n'est qu'en 1860 qu'eut lieu un progrès important, lorsque Max Schultze montra que la membrane externe n'est qu'une partie non essentielle de la cellule : il y a, en effet, des cellules nues, notamment les cellules jeunes de l'organisme animal. En même temps, il montrait que le suc cellulaire n'est pas un liquide simple, mais une substance albumineuse douée de mouvements propres et décrite en 1835, par Félix Dujardin, sous le nom de sarcode. Schultze prouva que ce sarcode est identique au suc cellulaire des plantes que Hugo Mohl avait désigné en 1846 sous le nom de protoplasma, et cette substance est le support des phénomènes vitaux. Il restait dès lors comme parties essentielles de la cellule, le corps protoplasmique et le noyau formé d'une substance analogue, la nucléine. Cette conception est maintenant généralement admise par tous les savants.

C'est le cas ici de dire une des erreurs auxquelles peuvent conduire les observations microscopiques. Quoique Kölliker (1845) et Remak (1851) eussent démontré l'existence de cellules nues, la plupart des savants demeurèrent convaincus, pendant au moins vingt ans encore, que toute cellule a une membrane. On prenait le contour que présentent même les cellules nues dans un milieu de réfrigérence différente, pour une membrane distincte.

Cellules sans noyau. — Il y a plus de quarante ans (1864), j'avais cherché en vain un noyau chez certains protistes (Protamæba et Protogenes). Il en fut de même des observateurs Gruber, Cienkowski, etc., qui étudièrent des rhizopodes voisins. C'est en me basant sur ces résultats que j'ai établi dans ma *Morphologie générale* (1866) la classe des Monères, dont l'importance est encore plus grande depuis qu'on a démontré que les chromacées et les bactéries sont également dépourvues de noyau.

Il est vrai que Bütschli a objecté que leur plasma homogène ne réagit pas comme du cytoplasma, mais comme de la nucléine, et que par conséquent ces plastides correspondent au noyau d'autres cellules. Ces bactéries et chromacées ne seraient pas des cellules sans noyau, mais des noyaux sans corps cellulaire. Cette conception s'accorde avec la mienne dans ce sens que le corps des Monères est homogène. Il y a trois voies possibles pour la transformation d'une cytode en cellule nucléée : 1° le noyau et le corps sont nés par différenciation d'un plasma homogène ; 2° le corps est né d'un noyau primitif ; 3° le noyau est né d'un corps cellulaire primitif.

Dans la première hypothèse, que je considère comme exacte, le plasma des organismes les plus anciens n'était pas encore différencié en cytoplasma et caryoplasma. Cette différenciation résulte d'une division du travail. Dans le noyau se rassembla la substance héréditaire, tandis que le corps cellulaire se chargea des relations avec le monde extérieur, et devint le siège de l'adaptation. Schleiden avait émis (1838) la seconde hypothèse, d'après laquelle le noyau est la partie primitive de la cellule. Cette vue soulève autant d'objections que la troisième hypothèse. Cependant l'opposition entre ces trois hypothèses possibles n'est pas aussi grande qu'elle peut le paraître. Quant à moi, je donne la préférence à la première, parce qu'elle admet que les différences physiologiques et chimiques entre le noyau et le corps cellulaire n'existaient pas à l'origine. Les phénomènes de caryolyse dans la division cellulaire indirecte nous montrent encore aujourd'hui combien les rapports des deux substances sont intimes.

Plastides (Cytodes et cellules). — Si le monde organique a une origine naturelle, les plus anciens organismes ne peuvent avoir été que des cytodes sans noyau, nées par la voie chimique (voir chap. IX). La cellule nucléée est née par différenciation de la cytode des monères. Si on donne à ces deux genres d'organismes le nom commun de plastides, on pourra appeler cellule primitive (Protocytos) la cellule sans noyau et caryocyte la cellule nucléée.

Organelles. — Une longue série conduit des monères aux protistes les plus élevés. Chez les protophytes comme les diatomées et les syphonées, chez les protozoaires, tels que les radiolaires et les infusoires, nous trouvons des parties nombreuses et complexes, qui servent à diverses fonctions et représentent les organes des histones. Nous les appellerons organelles ou organoïdes de la cellule.

Sociétés cellulaires (colonies, cœnobies, cytocornes). La très grande majorité des protistes a, à l'état adulte, la valeur d'une cellule nucléée. Ils se sont différenciés et perfectionnés au cours des âges, de sorte qu'on en compte aujourd'hui plusieurs millions d'espèces. Tous les protistes qui vivent isolément peuvent être réunis sous le nom de monobies.

D'autres protistes forment des sociétés ou colonies (cœnobies) :

les cellules-filles demeurent unies à la cellule qui lui a donné naissance. Voici les formes les plus importantes de ces cœnobies :

1. *Cœnobies gélatineuses.* — Les cellules sociales excrètent des masses gélatineuses, elles y restent englobées sans se toucher directement. Elles peuvent être dispersées sans ordre ou arrangées régulièrement. On trouve de ces cœnobies déjà chez les monères : la zooglée de beaucoup de bactéries et chromacées. Elles sont fréquentes chez les protophytes et les protozoaires.

2. *Cœnobies sphériques.* — La colonie forme une sphère, à la périphérie de laquelle sont situées les cellules : *Halospæra* et *Volvox* parmi les protophytes, *Magosphæra* et *Synura* parmi les protozoaires. Ces derniers sont tout particulièrement intéressants, parce qu'ils ressemblent à la blastula, ce stade du développement de l'œuf des métazoaires où les cellules sont disposées à la surface d'une sphère creuse.

3. *Cœnobies arborescentes.* — La colonie a la forme d'un petit arbuste : les cellules secrètent à leur base des tiges gélatineuses qui se ramifient. A l'extrémité de chaque rameau se trouve une cellule : *Gomphonema* et d'autres diatomées, *Codonocladium* parmi les flagellés, *Epistylis* parmi les ciliaires.

4° *Cœnobies en chaînette.* — Les membres de la colonie sont placés à la file les uns des autres. Cet état se rencontre chez les Monères : *Oscillaria* et *Nostoc* parmi les chromacées, *Leptothrix* parmi les bactéries. Chez les diatomées, *Bacillaria*, chez les thalamaphorées *Nodosaria* forment des chaînettes. Beaucoup de protophytes inférieurs (Algariés) forment le passage vers les algues véritables, dont le thalle filiforme (par exemple *Cladophora*) n'est que le développement d'une cœnobie en chaînette, avec différenciation des cellules accolées. On peut aussi considérer ces filaments cellulaires comme le premier stade de formation des tissus chez les métaphytes.

Tissus (Tela ou hista). — Les associations cellulaires qui constituent les tissus des plantes et des animaux se distinguent des cœnobies des protistes, en ce que les cellules ont perdu leur indépendance, qu'elles ont pris diverses formes et sont subordonnées à l'unité supérieure de l'organe. Il n'y a d'ailleurs pas de démarcation nettement tranchée entre les cœnobies et les tissus. L'indépendance physiologique primitive des cellules se perd d'autant plus que la division du travail est plus parfaite et que l'organisme

est plus différencié et plus centralisé. Les différentes sortes de tissus se comportent comme les classes d'un État civilisé; plus celui-ci est développé, plus ces classes dépendent les unes des autres, plus il y a interdépendance, et plus aussi elles sont nombreuses et variées.

Tissus des métaphytes. — Chez les algues et les champignons, le corps est formé d'un thalle, à très faible différenciation. Chez les thallophytes, il n'y a pas encore de vaisseaux. Les plantes supérieures ou vasculaires comprennent les ptéridophytes (fougères) et les phanérogames. Leur corps comprend toujours une tige axiale et des feuilles latérales. Il en est déjà ainsi chez les mousses (bryophytes), qui n'ont pas encore de vaisseaux. Ces plantes sont intermédiaires entre les thallophytes et les vasculaires. Il y a d'ailleurs de nombreux passages entre les deux grands groupes de métaphytes. En général, on peut distinguer des tissus primaires, simples, tels que ceux des thallophytes, et des tissus secondaires provenant de ceux-ci par différenciation successive. Ils constituent le corps des plantes vasculaires.

Tissus des métazoaires. — De même que chez les plantes pluricellulaires, on distingue chez les métazoaires des tissus primaires et secondaires. Les premiers sont plus anciens au point de vue de la phylogénie et de l'ontogénie, les seconds plus récents. Les tissus primaires des métazoaires sont les épithéliums, c'est-à-dire de simples couches de cellules ou des tissus dérivés de celles-ci (glandes, etc.). Les tissus secondaires sont les apothéliums ; parmi eux on distingue les tissus conjonctif, musculaire et nerveux. De même que dans le règne végétal, ces deux grands groupes de tissus se répartissent entre les groupes inférieurs et supérieurs. Les cœlentérés sont surtout formés d'épithéliums, de même que les cœlomaires les plus anciens. Mais chez la majorité de ceux-ci la masse principale du corps est formée d'épithéliums, qui ont subi les différenciations les plus variées. L'embryon de tous les métazoaires n'est au début formé que d'épithéliums (les feuillets embryonnaires). Plus tard seulement, ils se différencient en apothéliums.

Organes des histones. — Chez les pluricellulaires on distingue un grand nombre de parties adaptées à des fonctions di-

verses : ce sont les organes. Leur finalité apparente s'explique suffisamment par la sélection darwinienne, tandis que les hypothèses téléologiques de la biologie dualiste (par exemple les « dominantes intelligentes » de Reinke) ne peuvent en rendre compte, Le perfectionnement progressif des organes a de grandes analogies dans les deux règnes. Dans les stades inférieurs, l'organe simple n'est qu'un fragment individualisé d'un tissu primitif ; au contraire, dans les stades supérieurs, on recherche des systèmes et des appareils.

Le concept du système s'applique à un tissu qui forme la partie caractéristique de tout un groupe d'organes. Ainsi chez les métaphytes on rencontre les systèmes tégumentaire, fibro-vasculaire et parenchymateux. Chez les métazoaires, on distingue de même les systèmes tégumentaire, vasculaire, musculaire et nerveux.

Si le concept de système est histologique, le concept d'appareil est physiologique. Il n'a pas pour condition l'unité du tissu constituant, mais l'unité d'activité vitale du groupe d'organes. Tels sont, par exemple, la fleur et le fruit des végétaux, l'œil et le tube digestif des animaux. Dans ces appareils, les organes les plus divers peuvent être associés en vue d'une fonction déterminée.

L'individu histonal. — On désigne généralement comme individu l'organisme formé de tissus et d'organes ; nous l'appellerons individu histonal. C'est ce que les botanistes appellent bourgeon et les zoologistes personne. Il y a de grandes analogies entre les deux règnes ; il s'agit toujours d'individus de second ordre, ceux de premier ordre étant constitués par la cellule et ceux de troisième par le cormus, formé de nombreux histonaux.

Le bourgeon. — L'individu histonal apparaît chez les métaphytes sous deux formes principales, le thalle et le culmus. Le thalle domine chez les algues et les champignons, la tige (ou culmus) chez les Cormophytes (Mousses, Fougères et Phanérogames). Le culmus se compose en général d'un organe axial, la tige, et d'organes latéraux, les feuilles ; la tige est à croissance terminale illimitée, la feuille à croissance basale limitée. Le thalle ne présente pas cette opposition. Il y a d'ailleurs des exceptions dans les deux groupes de métaphytes. Parmi les Algues, les grandes fucoïdées présentent déjà des différenciations analogues à la tige et aux feuilles des cormophytes. D'autre part, des organes font

défaut chez les Hépathiques inférieures, qui ont un thalle semblable à celui de certaines Algues. Ainsi *Riccia fluitans* est semblable à l'Algue brune *Dictyota dichotoma*. D'autres hépathiques primitives (par exemple *Anthoceros*) ont aussi un thalle tout à fait simple. Mais la plupart de ces plantes présentent déjà la différenciation en une tige axiale et des feuilles latérales. Grâce à la division du travail, les feuilles se différencient en feuilles proprement dites, en bractées et en feuilles florales. Le pavot ou la *Gentiana ciliata*, pourvus d'une seule fleur sur une tige non ramifiée, sont de bons exemples de calmus très développés.

La personne (Persona ou Prosopon). — Tous les métazoaires parcourent, au cours de leur développement embryonnaire, le stade si important de la *gastrula*. Le corps a alors la forme d'un sac dont la cavité (intestin primitif) communique avec l'extérieur et est limitée par une double paroi, les feuillets embryonnaires primitifs. Cette gastrula est la forme la plus simple de la personne, et ses feuillets sont ses seuls organes.

Les formes infiniment variées qui proviennent de cette forme embryonnaire commune se divisent en cœlentérés et en cœlomaires. Les premiers correspondent aux thallophytes par la grande simplicité de leur structure. Des quatre groupes des Cœlentérés, les gastréades demeurent au stade de gastrula, les Spongiaires forment des ramifications de gastréades. En revanche, les Enidaires forment des personnes radiales, les platodes des individus bilatéraux. C'est de ceux-ci que dérivent les vers, c'est-à-dire le groupe originel des quatre embranchements supérieurs de l'animalité, les Mollusques, les Échinodermes, les Articulés et les Vertébrés.

Segmentation des histonaux (Métamérie). — Une bonne partie de la supériorité des histones les plus élevés tient à ce que le corps se segmente. Avec cette multiplication des groupes d'organes, on constate d'ordinaire une division du travail plus ou moins complète. Il y a ici également parallélisme entre les groupes principaux des métaphytes et des métazoaires.

Métamérie des métaphytes. — La tige des cormophytes se segmente et à chaque nœud se développent des feuilles. La différenciation est par conséquent bien plus parfaite que chez les thallophytes. C'est à la division du travail dans les feuilles

rapprochées nées d'un bourgeon, qu'est due la formation de la fleur.

Métamérie des métazoaires. — Aux deux groupes des plantes segmentées et non segmentées correspondent à bien des points de vue ceux des animaux segmentés et non segmentés. Les Arthropodes et les Vertébrés s'élèvent au-dessus de tous les métazoaires par la perfection de leur organisation. Chez les Arthropodes ou articulés, la métamérie est surtout externe : c'est la paroi du corps qui est articulée. Chez les Vertébrés, la métamérie est surtout apparente sur le squelette et le système musculaire ; la métamérie des vertèbres n'est pas apparente à l'extérieur. Dans les deux groupes, la segmentation des formes inférieures et anciennes est semblable (homonome), par exemple, chez les annélides et les myriapodes, chez les acraniens et les cyclostomes. Plus l'organisation est parfaite, plus il y a inégalité (hétéronomie) des métamères, par exemple chez les arachnides et les insectes, chez les amphibies et les amniotes. La même opposition s'observe chez les Crustacés inférieurs et supérieurs. Cette métamérie des métazoaires supérieurs est motrice ; elle a pour cause le mode de locomotion de ces individus allongés. En revanche, chez quelques groupes de métazoaires inférieurs, en général non segmentés, il y a une métamérie propagatrice, qui a pour condition le bourgeonnement terminal : ainsi la strobilation de certains vers et des polypes à scyphistome. Les métamères, qui se détachent de l'extrémité de la chaîne, montrent au premier coup d'œil leur individualité physiologique. Il en est de même chez certaines annélides, dont chaque anneau séparé a la faculté de reproduire toute la chaîne des métamères.

Cormus des histones. — Le troisième degré de l'individualité est la colonie ou cormus. C'est une réunion d'histonaux qui naissent par division incomplète d'un individu. La majorité des métaphytes forme, dans ce sens, des plantes composées. Parmi les métazoaires cette forme de l'individualité ne s'observe que dans les groupes inférieurs, en général chez les animaux fixés. Ici encore on constate un remarquable parallélisme dans les deux groupes des histones. Dans les degrés inférieurs les histonaux sociaux sont égaux entre eux. Dans les stades supérieurs la division du travail produit des différenciations et le cormus devient de plus en plus centralisé. On peut donc distinguer des cormus homonomes et hétéronomes.

Sociétés animales. — L'histoire des sociétés humaines nous montre que le développement de la civilisation dépend de trois facteurs : 1° l'association des individus en une communauté ; 2° division du travail (ergonomie) et par suite différenciation des individus, 3° centralisation et organisation de la société. Ces lois fondamentales de la sociologie s'appliquent aussi à toutes les formations sociales du monde organique, par exemple au développement des organes. Le développement des Etats humains a pour origine celui des troupeaux chez les mammifères supérieurs. Les hordes de singes et d'ongulés, de loups ou d'oiseaux souvent dirigées par un chef, nous montrent divers stades de la formation des Etats ; de même les sociétés des arthropodes supérieurs (insectes, crustacés) et surtout les Etats des fourmis, des abeilles, des termites, etc. Ces réunions organisées d'individus indépendants se distinguent des cormus des animaux inférieurs parce que les membres de l'association ne sont reliés entre eux que par le lien idéal de la communauté d'intérêts et non par une continuité de tissus.

QUATRIÈME TABLEAU

PHYLOGÉNIE DU PLASMA

I. — Premier stade : archiplasma ou plasma des monères.

La substance vivante, née par archigonie, est encore sans structure, et ne se compose que de molécules de biogène semblables entre elles. L'organisme élémentaire est une monère : chromacées, bactéries.

II. — Deuxième stade : séparation du caryoplasma et du cytoplasma.

L'archiplasma se divise en une masse interne ou nucléaire, support de l'hérédité, et une masse externe, plus molle, le cytoplasma, en rapport avec le monde extérieur. Protistes d'organisation simple.

III. — Troisième stade : différenciation des parties actives du plasma.

Par l'action réciproque des deux substances cellulaires, et surtout par les complications résultant de la reproduction sexuée, il se différencie des substances secondaires : dans le noyau la chromatine (= nucléine) se sépare de l'achromine (= linine); dans le corps cellulaire le protoplasma interne se sépare du hyloplasma externe. Beaucoup de protistes et de cellules des tissus des histones.

IV. — Quatrième stade : formation de structures écumeuses et de membranes.

Par l'introduction d'eau et de solutions aqueuses, il se forme dans le caryoplasma et le cytoplasme des vacuoles qui s'aplatissent par pression réciproque et produisent une structure analogue à celle de l'écume ou des rayons de miel. En même temps la couche la plus externe du caryoplasma et du cytoplasma s'épaissit et forme une membrane : noyau vésiculeux, cellule vésiculeuse.

V. — Cinquième stade : formation des organes et des produits du plasma.

Par division du travail, il se différencie des organelles actives : dans le noyau se forment la nucléole, le centrosome et la caryothèque; dans le corps cellulaire, des chromoplastes, des chloroplastes, des myoplastes, des neuroplastes, etc. Comme produits passifs le cytoplasma secrète des produits internes (microsomes, granulations graisseuses, granules de pigment, cristaux) et des produits externes : membranes cellulaires ou cytothèques, et des substances intercellulaires et cuticulaires.

CINQUIÈME TABLEAU

ÉCHELLE DE L'INDIVIDUALITÉ ORGANIQUE

Individus ou biontes végétaux.

I. Stade.

La plante primitive (Protophyte).
Organisme unicellulaire à assimilation de carbone.

I A. Phytomonères (chromacées).
Cellules plasmodomes sans noyau
B. Protophytes nucléées.
La plupart des protophytes solitaires.
I C. Associations ou cœnobies de protophytes. Colonies de diatomées, desmidiées., etc.

Individus ou biontes animaux.

I. Stade.

L'animal primitif (Protozoaire).
Organisme unicellulaire à assimilation d'albumine.

I D. Zoomonères (bactéries).
Cellules plasmophages sans noyau
I E. Protozoaires nucléés.
La plupart des protozoaires solitaires.
Colonies d'infusoires, rhizopodes, etc.

Individus ou biontes végétaux.

II. Stade.

Les Culmus.
Métaphyte pluricellulaire simple avec tissus.

II A. Thalle simple.
L'individu des thallophytes (algues et champignons).
II B. Culmus des cormophytes non vasculaires (mousses).
II C. Culmus des plantes vasculaires (fougères et phanérogames).

Individus ou biontes animaux.

II. Stade.

La personne.
Métazoaire pluricellulaire simple avec tissus.

II D. Métazoaires inférieurs.
L'individu cœlentéré. Polypes et méduses simples, Platodes.
II E. Métazoaires supérieurs non segmentés (vers, mollusques, tuniciers).
II F. Métazoaires supérieurs segmentés (échinodermes, arthropodes, vertébrés).

Individus ou biontes végétaux.

III. Stade.

Cormus végétal.
Métaphytes composés et ramifiés.

III A. Thallomes.
Thallophytes ramifiés (la plupart des algues).
III B. Mousses ramifiées (bryophytes composés).
III C. Plantes vasculaires ramifiées (fougères et phanérogames composés).

Individus ou biontes animaux.

III. Stade.

Cormus animal.
Métazoaires composés et ramifiés.

III D. Cormus animaux fixés, ressemblant à des plantes (spongiaires, polypes, coraux, bryozoaires, etc.).
III E. Colonies mobiles avec division du travail (siphonophores, cestodes, certains annélides).
III F. Sociétés animales.
Troupeaux des vertébrés, sociétés de métazoaires sociables.

CHAPITRE VIII

Formes de la vie.

Formes réelles et formes fondamentales. — Cristaux et bionites. — Lois de la symétrie. — Harmonie et beauté des formes organiques.

« Ce qu'on trouvait de mystérieux dans la nature,
Nous osons l'essayer ;
Ce qu'elle produit par l'organisation,
Nous le tentons par la cristallisation. »

GOETHE.

« La grande majorité des corps naturels présente des proportions mathématiques. Elles s'expriment dans une certaine symétrie des parties du corps et peuvent être ramenées à une forme géométrique fondamentale lorsqu'on connaît la grandeur des axes idéaux et l'angle sous lequel ils se coupent. »

Ernst Haeckel,
Kunstformen der Natur (1904).

Original

SOMMAIRE

Morphologie. — Lois de symétrie. — Formes fondamentales des plantes et des animaux, des protistes et des histones. — Quatre classes principales de formes. I. Centrostygmes : sphères. II. Centraxonies : formes à axe central unique (monaxonies) ou croisé (stauraxonies, pyramides simples et doubles). III. Centroplanes : formes à plan central. Symétrie bilatérale. Formes asymétriques. IV. Anaxones : formes irrégulières. — Causes de la forme. — Formes fondamentales des monères, des protistes et des histones. — Forme et genre de vie. — Beauté des formes naturelles. — Esthétique et décoration des formes organiques. — Formes esthétiques de la nature.

BIBLIOGRAPHIE

Ernst Haeckel, 1866. — *Generelle Promorphologie oder allgemeine Grundformenlehre der Organismen.* IVes. *Buch der generellen Morphologie* I. 375-574. Berlin.

Heinrich Bronn. 1858. — *Morphologische Studien über die Gestaltungsgesetze der Naturkörper.* Leipzig.

Adolf Zeising. 1854. — *Neue Lehre von den Proportionen des menschlichen Körpers.* Leipzig.

— 1855. — *Aesthetische Forschungen* (*Frankfurt*). *Der goldene Schnitt.* Halle. 1884.

Carus Sterne (Ernst Krause). 1891. *Natur und Kunst. Studien über Entwickelungsgeschichte der Kunst.* Berlin.

Wilhelm Bölsche. 1894. — *Entwickelungsgeschichte der Natur.* Neudamm.

Ernst Haeckel. 1862-1877. — *Monographie der Radiolarien* (174 tableaux). 4 vol. Berlin. *Report of the Voyage of H. M. Ship Challenger.* vol. XVIII. (140 tableaux). Londres.

Georg Hirth. 1897. — *Aufgaben der Kunstphilosophie.* Munich.

Alex. Baumgarten. 1750. — *Aesthetica.* Leipzig.

Theodor Vischer. 1847, — *Aesthetik oder Wissenschaft des Schönen.* 3 vol. Stuttgart.

Théodor Fechner. 1876. — *Vorschule der Aesthetik.* Leipzig.

Karl Lemcke. 1865. — *Populäre Aesthetik.* Leipzig.

B. Wynehen. 1904. — *Der Aufbau der Form beim natürlichen Werden und Künstlerischen Schaffen.* Dresden.

Wilhelm Bölsche. 1902. — *Von Sonnen und Sonnenstäubchen. Kosmische Wanderungen.* Berlin.

Ernst Haeckel. 1899-1904. — *Kunstformen der Natur.* 10 livraisons et 100 tableaux. IIe livraison, texte, supplément. Leipzig.

Morphologie. — L'infinité des formes que nous offre le monde organique ne réjouit pas seulement nos sens par leur beauté et leur diversité, mais nous porte a rechercher leurs causes et leurs relations. C'est là l'objet d'une science spéciale, la morphologie, dont j'ai exposé les principes en 1886. Comme ceux-ci sont difficiles à comprendre sans figures, je me bornerai à exposer ici la question des formes fondamentales, les lois de la symétrie et les relations avec la formation des cristaux. J'ai donné plus de détails à cet égard dans le XIe fascicule de mes *Kunstformen der Natur*. Les cent planches de cet ouvrage peuvent servir à illustrer ce chapitre. J'y renvoie donc, avec lour numéro respectif, accompagné de l'indice kf.

Formes fondamentales des animaux et des plantes. — L'unité de la substance organique, qui s'exprime dans sa composition chimique et ses propriétés, a pour résultat les lois de symétrie de ses formes fondamentales. La diversité infinie des espèces dans les deux règnes peut se ramener à quelques classes de formes principales. La fleur de lis à six divisions a la même forme fondamentale que le corail et l'actinée à six rayons. La forme bilatérale-radiale est la même chez la violette et chez un oursin (clypeaster kf. 30). La forme dorsiventrale ou bilatérale symétrique de la plupart des feuilles d'arbres se répéte chez la plupart des animaux supérieurs (cœlomaires); la différence de la droite et de la gauche a pour conséquence dans les deux rayons l'opposition des faces dorsale et ventrale.

Formes fondamentales des protistes et des histones. — Au point de vue des formes, la différence entre les protistes et les histones est bien plus importante que celle des plantes et des animaux. Les protistes ont une variété de formes bien plus grande

que les histones. Chez eux, c'est la cellule qui détermine la forme; chez les histones au contraire, c'est le tissu. A ce point de vue, on peut diviser l'univers organique en quatre règnes, comme je l'ai indiqué au 7e tableau de cet ouvrage.

Formes fondamentales des radiolaires. — Au point de vue de la promorphologie, la classe des radiolaires est la plus intéressante. Toutes les formes qu'on peut distinguer en géométrie et définir mathématiquement se trouvent réalisées dans les squelettes siliceux de ces protozoaires, dont j'ai décrit plus de 4,000 formes différentes dans ma monographie.

Lois de symétrie. — Il y a peu de formes organiques qui soient tout à fait irrégulières, sans symétrie ou de contour changeant, comme les amibes. La grande majorité des corps organiques présente dans leur forme générale ou dans celles de leurs parties une symétrie parfaitement nette; des parties semblables sont disposées en nombre défini autour d'axes ou de plans déterminés, qui se coupent sous des angles fixes. Beaucoup de formes organiques ressemblent à ce point de vue aux cristaux et la promorphologie peut être comparée à la cristallographie. Les deux sciences ont pour but de découvrir dans les formes des corps naturels une loi de symétrie et de l'exprimer par une formule mathématique.

Promorphologie. — Le nombre des formes fondamentales est relativement restreint. Autrefois on se contentait de distinguer la forme radiaire, la forme bilatérale et les formes irrégulières. Mais lorsqu'on étudie la question de plus près, avec plus de soin et plus d'attention, on arrive aux neuf formes décrites dans le tableau VI. Dans ce système, je me suis basé sur la position des parties par rapport au milieu du corps. Nous distinguons d'abord quatre classes: 1° les centrostigmes ont pour milieu naturel un point; 2° les centraxones, une ligne droite (axe); 3° les centroplanes, un plan; 4° les centropores ou anaxones, qui n'ont pas de symétrie apparente.

I. **Formes centrostigmes.** — Elles comprennent deux sous-classes: la sphère parfaite et la sphère à facettes. Dans le premier cas rentrent les ovules de beaucoup d'animaux, le grain de pollen