

ment à une vie toujours plus active, plus complexe, représentée par des fonctions plus nombreuses, plus variées et surtout mieux définies. Enfin, et par une suite nécessaire, ce qui est moins pris en considération quoique également incontestable, l'être vivant devient ainsi modifiable de plus en plus, et de façons plus diverses, à mesure que se complique son organisation. Entrant de la sorte en rapport avec le milieu extérieur par un plus grand nombre d'organes, non-seulement il exerce sur celui-ci une action plus étendue, mais encore il est modifié de plus de manières, à la fois et successivement. Il est facile de voir, du reste, que le nombre des variétés individuelles est infiniment moindre dans les divers groupes d'invertébrés que parmi les vertébrés et qu'ils résistent bien moins que ceux-ci aux changements des milieux. Lorsqu'en effet, d'une saison à l'autre, surviennent ces changements, ils meurent s'ils ne peuvent se transporter dans un autre climat plus uniforme, s'enfoncer sous terre comme le font beaucoup de vers, d'insectes, etc., ou dans l'eau, comme le font les échinodermes, les mollusques, les crustacés, etc.

Aussi n'y a-t-il encore aucun exemple connu d'animal marin devenu terrestre, sur les côtes dont la mer se retire sensiblement de siècle en siècle, non plus que de transformation inverse sur celles qu'elle envahit, par quelque dégradation organique de l'ordre de celles sur lesquelles Lamarck a tant insisté.

Des arguments restant plus séduisants que probants sont donc encore seuls à faire admettre : 1° que l'ensemble de la série des êtres serait aussi bien en fait qu'en spéculation analogue à l'ensemble du développement individuel, restreint à sa période ascendante; 2° que ce fait se manifesterait par ce qu'ont de variable les individus, c'est-à-dire que ce qu'il y a de variable dans les êtres et que nous considérons comme l'accident exprimerait une constante évolution, tandis que ce qui a été permanent pour nous depuis au moins nos quatre-vingts siècles d'histoire ne serait que le côté transitoire de l'existence des êtres; 3° que chaque être en renfermant *en puissance* quelque autre différent, la notion d'espèce devrait être ainsi éliminée de la science.

ANATOMIE ET PHYSIOLOGIE

CELLULAIRES

PREMIÈRE PARTIE

DÉTERMINATION GÉNÉRALE DE LA NATURE ANATOMIQUE
DES CELLULES ET DU PROTOPLASMA

CHAPITRE PREMIER

DE LA NATURE ANATOMIQUE DES CELLULES

Sous le nom de *cellule* on désigne, en Biologie, une des formes élémentaires de la substance organisée des plantes et des animaux, irréductible en parties plus simples autrement que par destruction mécanique ou chimique, lui enlevant l'une et l'autre son individualité statique et dynamique.

La plupart des individualités élémentaires organiques débutent par cet état dit de cellule; de plus, des divers groupes en lesquels se classent les éléments anatomiques figurés, c'est-à-dire ayant une conformation qui leur est propre, celui qui comprend les éléments cellulaires embrasse le plus grand nombre d'espèces. Pourtant il n'est pas rigoureusement exact de dire avec quelques auteurs que tous les éléments anatomiques sans exception sont des cellules, ou, en d'autres termes, que la substance organisée des plantes et des animaux ne présente aucune autre forme que la forme cellulaire.

Les cellules sont des éléments anatomiques des végétaux et des animaux, sphéroïdaux, polyédriques ou aplatis, dont les dimensions, généralement égales en tous sens ou à peu près, varient entre 1 millièème de millimètre et 1 dixième (grandeur qu'ils dépassent beaucoup dans nombre d'ovules et

de cellules végétales), constitués par une *masse* ou *corps* creux ou plein, granuleux ou homogène, et pourvus souvent d'un ou de plusieurs *noyaux*, avec ou sans *nucléole* dans le noyau.

Contrairement à ce qu'avancent encore beaucoup d'auteurs très-autorités, il n'est pas absolument exact de définir les cellules comme étant des corps *primitivement sphériques*. Si l'on excepte quelques cellules végétales endogènes, beaucoup d'ovules, les leucocytes, les hématies (qui de bonne heure deviennent discoïdes), toutes les autres cellules sont primitivement polyédriques, régulières ou non, et quelques-unes de leurs variétés seulement deviennent sphériques ou ovoïdes, par suite de phénomènes évolutifs, soit normaux, soit accidentels. Le noyau, dans les cellules où il existe, possède originellement et conserve d'une espèce à l'autre des cellules, une fixité de forme ovoïde ou sphérique et de réactions chimiques, qui est remarquable comparativement aux différences offertes à ces divers égards par le corps même des cellules. Il est un certain nombre de faits qu'il est indispensable de résumer, pour arriver à prendre une idée nette de l'ensemble des parties diverses connues sous le nom de *cellules*, constituant autant d'individualités élémentaires, dont chacune est facteur de quelque acte élémentaire aussi.

Il faut, en premier lieu, noter que toutes les cellules et leurs particules constituantes sont formées de substance organisée, d'une substance présentant l'*état d'organisation*; on entend par là, que leur matière quelle qu'en soit la diversité formelle, résulte de l'union moléculaire en proportions différentes de principes immédiats tant coagulables que cristallisables, d'origine organique et d'origine minérale, associés ainsi en un tout de petites dimensions, temporairement indissoluble bien que d'une faible stabilité, chimiquement parlant. Or, tant que ce tout reste placé dans certaines circonstances de température, d'humidité, etc., il est en voie incessante de rénovation moléculaire; l'intimité de la masse se trouve ainsi d'une manière permanente dans les conditions qui peuvent y causer quelque changement, visible ou non sous le microscope.

Chaque cellule est construite de particules de substance or-

ganisée qui sont distinctes les unes des autres par leur consistance, leur couleur, leurs réactions chimiques; tels sont le noyau, les granulations, etc., plongés, suivant une disposition constante pour chaque espèce, dans la masse principale ou corps de celles-ci. C'est cette construction qui reçoit le nom de *structure* dans l'étude de chaque élément; car, il n'est qu'un très-petit nombre des espèces d'éléments qui soient homogènes, c'est-à-dire sans structure, et réduits, en fait d'organisation, aux caractères qui en représentent le premier ou plus simple degré; car, si en anatomie il n'y a pas structure sans organisation, il peut y avoir organisation sans structure, comme dans la substance amorphe du cordon ombilical, celle du cerveau, etc., la capsule du cristallin, l'enveloppe de la notocorde, etc.

Ainsi la substance organisée n'est pas *une* et homogène, mais représentée par des parties très-petites, d'espèces diverses, distinctes par leur composition immédiate, leurs réactions, leur structure, comme par les propriétés d'ordre organique ou vital qui leur sont immanentes. Ce n'est qu'en faisant abstraction de ces différences spécifiques et des propriétés physiologiques particulières des cellules et des éléments qui en dérivent, qu'on arrive à pouvoir désigner par le nom de *matière organisée* l'ensemble de ces parties, comparativement à l'ensemble des corps bruts, et cela parce que dans toutes, il est quelque chose qu'on retrouve toujours, c'est l'état dit d'organisation.

La cellule organique type, élémentaire, ou primordiale, considérée indéterminément et comme partout identique avec elle-même, ainsi que le font ceux qui s'occupent de ces questions en dehors de toute observation, n'est donc qu'une abstraction qui n'a pas d'existence réelle. Cette abstraction n'explique rien parce qu'un organisme formé par un nombre plus ou moins grand des individus de cette cellule ne serait qu'un tout homogène et non une économie de parties distinctes, solidaires anatomiquement et physiologiquement.

Ce qui existe, ce sont des éléments anatomiques de plusieurs espèces, parmi lesquels ceux de plus d'une espèce ont les caractères dits de *cellule*, et plusieurs autres encore ont des ca-

ractères qui ne sont pas ceux qui ont fait donner le nom de *cellules* aux précédents.

En voulant substituer le mot *cellule* à l'expression *élément anatomique*, qui a sur lui la priorité, on n'embrasse donc pas toutes les espèces d'éléments anatomiques. On laisse de côté un certain nombre de parties constituantes de l'économie relativement simples, dont on ne saurait dissimuler l'existence, et qu'on ne peut même pas considérer toutes comme des substances intercellulaires, c'est-à-dire comme produites par les cellules ou par les autres éléments entre lesquels elles se trouvent. Telle est la substance amorphe de la matière grise des centres nerveux et beaucoup d'autres qui jouent un rôle physiologique aussi important; substances dont l'existence montre combien est fautive l'hypothèse, corrélative à la précédente, qui veut que la *forme* soit le caractère essentiel et fondamental de l'état d'organisation, caractère hors duquel il n'y aurait pas de vie pour la substance organisée.

On se place, d'autre part, en dehors de la réalité en étant forcé de donner le nom de *cellules* à des éléments qui, après avoir eu pour centre de génération une cellule, n'offrent plus aucun des caractères des éléments de ce nom longtemps déjà avant l'âge adulte; telles sont les fibres élastiques, les fibrilles musculaires, striées et autres. Enfin, beaucoup d'organes squelettiques, des échinodermes, des polypiers, des céphalopodes, les téguments chitineux à structure souvent si complexe des articulés, les enveloppes spéciales des œufs des oiseaux, des reptiles, des sélaciens, des céphalopodes, l'émail dentaire, la capsule du cristallin, la gaine de la notocorde, les parois propres des tubes glandulaires, etc., n'ont aucun des caractères des éléments cellulaires, à quelque période de leur évolution qu'on les observe.

Quand on envisage ces parties élémentaires au point de vue de la complication croissante de leur structure, on constate qu'il est des cellules qui sont temporairement composées d'une petite masse, sphéroïdale ou non, de substance organisée, qui est tout à fait homogène ou plus ou moins finement grenue, mais sans noyau ni paroi propre distincte de la masse (*cytode* ou *gymnocytoide* de Hæckel, 1863).

La cellule par laquelle débute divers individus végétaux et animaux unicellulaires (Myxogastres, Monères, Grégarines, quelques Infusoires, etc.) passent par cet état. Il en est ainsi du *globule polaire* de l'ovule de divers animaux vertébrés et invertébrés et même des cellules blastodermiques naissant par gemmation à la surface du vitellus sur les insectes et quelques mollusques.

Parmi ces cellules, il en est qui acquièrent une paroi, et restent ainsi plus ou moins longtemps, ou pendant toute la durée de leur existence (*lépocytodes* de Hæckel), tels sont les leucocytes, etc.

A côté des cellules ainsi constituées, signalons inversement dans la substance cérébrale (embryonnaire surtout), dans les cartilages et le tissu lamineux lors de leur première apparition, etc., l'existence de noyaux autour desquels nul moyen, en dehors des suppositions théoriques, ne permet de constater l'existence d'un corps cellulaire (*noyaux libres*); mais ils sont accompagnés de bonne heure, durant l'évolution embryogénique, de noyaux qu'entoure un corps cellulaire tellement petit que son contour est en quelque sorte confondu avec celui du noyau tant qu'un gonflement artificiel ne l'a pas écarté de ce dernier.

Il y a des cellules sans paroi propre ni noyau ou *gymnocytoïdes*, dans l'épaisseur desquels on voit apparaître un *noyau* avec ou sans nucléole (*gymno-cellule*); c'est ce que l'on observe dans le cours du développement de la cellule d'origine des Grégarines (E. Van Beneden, 1872), dans beaucoup de globules polaires, dans les cellules blastodermiques de divers invertébrés (Ch. Robin, 1862). De plus, à peu près toutes les cellules provenant de la segmentation du vitellus, dans les plantes et les animaux, sont originairement composées d'un noyau et d'un corps cellulaire nu, c'est-à-dire sans paroi propre.

Décrit et spécifié de la manière la plus formelle par M. Coste en 1845 (*Comptes rendus des séances de l'Acad. des sciences*. Paris, 1845, in 4, t. XX, p. 1372) et depuis lors admis généralement en France, ce dernier fait n'a pas été accepté par Reichert, (1861), mais il a de nouveau été reproduit par M. Schultze (1861), et par Brücke (1862) à qui la priorité en a été at-

tribuée souvent. Beaucoup de ces cellules restent ainsi constituées et aussi denses au centre qu'à la périphérie, pendant toute la durée de leur existence.

Enfin, parmi les éléments qui viennent d'être pris pour exemple, dans les êtres unicellulaires, dans le vitellus en voie de segmentation pour arriver à produire le blastoderme (Coste, *loc. cit.*, 1845), et pour beaucoup d'autres qui seront cités chemin faisant, il en est dont la masse ou corps se modifie molécule à molécule, à sa superficie seulement, de manière à se délimiter en *paroi propre*, appelée parfois *cuticule*, paroi pelliculaire ou cuticulaire, distincte du reste, qui forme un contenu.

Nous verrons plus loin que, si la production de cette paroi propre (qui conduit l'élément à l'état de *cellule complète*) marque la fin de la période où les cellules blastodermiques et autres peuvent se multiplier par scission de la totalité de leur substance, c'est une erreur de la considérer comme indiquant le début d'une phase rétrograde de la vie des cellules; que c'en est une aussi de traiter cette partie comme n'ayant qu'une importance secondaire, surtout pour la période unicellulaire de l'évolution de la plupart des animaux et des plantes.

Parmi les mêmes éléments auxquels il vient d'être fait allusion, il en est au contraire sur lesquels (normalement ou pathologiquement, comme dans les glandes sébacées, le foie gras, etc.) ce sont des matières graisseuses ou autres, liquides ou solides, qui, aussi en raison des actes moléculaires nutritifs dont la cellule est incessamment le siège, se produisent chimiquement au sein d'un corps cellulaire sans pellicule, puis distendent celui-ci et le font passer en totalité à l'état de paroi dans laquelle se retrouve le noyau, quand il ne s'atrophie pas.

Toutes les cellules végétales complètement développées se composent d'une paroi formée de *cellulose* (*membrane cellulaire* proprement dite) ou de *fungine*, associées à d'autres principes plus ou moins nombreux et d'un contenu qui remplit la cavité de la cellule. Ce contenu lui-même forme sur les jeunes cellules une masse pleine, de nature azotée, avec noyau central; mais de bonne heure à mesure que grandit la cellule, celle-ci est creusée d'une cavité par production d'un liquide central avec des granules divers (*protoplasma* de Hugo

Mohl), et sa substance même distendue, repoussée avec son noyau et appliquée contre la face interne de la membrane cellulosique forme l'*utricule azoté* de Mohl. La cellule présente alors une paroi souvent dite de *cellulose* et de plus l'*utricule* qui double celle-ci.

Notons tout de suite, pour y revenir, que c'est la masse azotée sans paroi propre et non encore vésiculeuse qui apparaît la première, lors de la génération de la plupart des cellules végétales, et qu'elle peut exister plus ou moins longtemps à cet état dans divers cryptogames; par suite des phénomènes de rénovation moléculaire actifs qui, sous les yeux de l'observateur, amènent des modifications de sa structure, survient plus ou moins rapidement la production de la paroi de cellulose; plus tard encore survient celle de la cavité qui conduit cette masse à l'état d'*utricule* doublant la paroi de cellulose; mais ce fait, lui-même, n'est pas absolument général.

Rappelons par comparaison que, sur les animaux, c'est aussi à l'état de masse ou corps plein, sans paroi propre, que naissent presque toutes les cellules animales; que plusieurs restent ainsi pendant toute la durée de leur existence; qu'il en est d'autres dont la substance superficielle délimite en une *membrane cellulaire proprement dite* (cellules ou corps fibroplastiques, etc.), avec ou sans prolongements très-divers qui correspond à la paroi de cellulose des plantes; que parmi celles-ci on en voit dont la substance propre ainsi incluse avec son noyau passe à l'état utriculaire, par production d'un liquide (cellules de la notocorde, etc.). Ce liquide correspond au *protoplasma* de H. Mohl et peut même faire disparaître complètement (vésicules adipeuses, etc.), la substance propre susindiquée, laquelle est l'analogue de l'*utricule azoté* de H. Mohl. Enfin d'autres cellules, ne se formant pas de *membrane cellulaire*, passent pourtant à l'état utriculaire par production d'un liquide central analogue au *protoplasma* de H. Mohl; la cellule a ici pour unique paroi la substance même du corps cellulaire ainsi distendu et retenant le noyau, substance qui correspond à l'*utricule azoté* (cellules des glandes sébacées, etc.).

Par suite de confusions des plus regrettables pour la science,

ce que, depuis Remak et M. Schütze, la plupart des auteurs allemands et leurs imitateurs appellent *protoplasma*, comprend tout ce qui n'est pas *noyau* ou *membrane cellulaire proprement dite*, c'est-à-dire à la fois le liquide ou *protoplasma* de H. Mohl et l'utricule azoté ou le corps cellulaire plein, sans paroi de cellulose. Nous verrons plus loin que par suite d'une confusion plus grande encore, plusieurs comprennent sous ce nom, dans les animaux, toute substance organisée qui n'est pas délimitée en cellules.

Dès l'époque où cette transposition dans le sens des termes ayant droit de priorité a été introduite, Reichert s'est élevé contre elle et en a fait ressortir les inconvénients et l'inexactitude. (Reichert, *Über den Gebrauch des Wortes Protoplasma. Archiv. für Anat. und Physiol.*, Berlin, 1863, in-8°, p. 150.) Tout vrai savant suivra l'exemple de ce dernier et se prémunira contre l'engouement irréfléchi, qui au détriment de la réalité fait prendre pour des faits nouveaux un changement mal fondé dans l'interprétation des faits connus.

Pendant que se passent les divers phénomènes dont il vient d'être parlé, les cellules grandissent plus ou moins, en même temps qu'elles changent ou non de forme, ce qui a lieu souvent dans des limites que l'observation du développement peut seule faire comprendre. Que les cellules grandissent ou non, mais surtout quand elles s'accroissent, elles réalisent les principes qu'elles assimilent en substance organisée qui prend dans son épaisseur des formes et des dimensions diverses, caractérisant une véritable genèse intime ou intrinsèque, aussi bien que lorsqu'il s'agit de l'apparition du noyau et du nucléole alors que d'abord ils n'existaient pas.

De là des changements de structure intime d'une complication croissante, qui ne sont aucunement une simple différenciation graduelle d'une matière organique préexistante, mais bien une résultante de l'apport incessant des principes s'associant avec prise de forme immédiate de tel ou tel ordre, globulaire, fibrillaire, pelliculaire, etc., et accroissement individuel tant que l'assimilation l'emporte sur la désassimilation.

Ces particules, qui se distinguent anatomiquement et souvent physiologiquement du reste de la masse cellulaire, sur laquelle

elles tranchent plus ou moins, peuvent être de simples granules épars ou régulièrement rangés en séries parallèles ou autrement, etc. C'est ce dont les cellules épithéliales, les fibres-cellules et beaucoup d'autres, ainsi que les cellules végétales nous offrent de nombreux exemples. Ce peuvent être des productions de vacuoles avec ou sans pellicule limitante distincte, comme dans divers animaux unicellulaires certaines cellules épithéliales altérées, etc.; ou encore c'est une délimitation de la substance cellulaire, qui est de telle nature qu'elle dévie la lumière suivant des plans ayant telle ou telle direction, ce qui donne un aspect strié aux éléments, alors même parfois qu'ils ne sont pas subdivisibles en fibrilles. C'est ce qu'on voit sur certaines fibres-cellules, sur le cylindre-axe de beaucoup de cellules nerveuses cérébro-spinales, sur la paroi propre de beaucoup d'animaux unicellulaires, etc.

Signalons un fait important pour la physiologie: c'est que ces phénomènes comptent parmi ceux qui montrent nettement ce qui dans les actions de la vie végétative sépare la nutrition du développement, c'est-à-dire l'entretien de l'accroissement, le maintien dans un état stationnaire du progrès évolutif individuel; car, outre l'augmentation de masse qui pourrait être regardée comme la conséquence nécessaire d'un excès dans la nutrition (avec laquelle se confondrait ainsi l'accroissement), il y a la production de dispositions ou de particules nouvelles dans l'intimité de chaque individu, sans qu'il y ait reproduction de celui-ci par scission ou par genèse extérieure.

Il est d'autres manifestations de cette complication croissante de la structure, pendant la durée du développement des cellules, qui montrent bien qu'elle résulte d'une genèse intime et incessante de parties nouvelles, s'ajoutant à celles qui ont précédé, et non de la simple différenciation par division, etc., d'une matière primitivement existante. Ces manifestations consistent en la production, à la surface ou à la périphérie des cellules, de filaments plus ou moins fins et demeurant plus ou moins longs; la production des cils vibratiles sur les cellules épithéliales, sur les infusoires et divers embryons unicellulaires, celle des cylindres-axes, des fibres lamineuses autour ou sur deux parties seulement des cellules nerveuses, de celles du tissu

lamineux, du tissu élastique, etc., en sont des exemples. La forme, la longueur aussi bien que le volume de la substance que constituent ces éléments anastomosés ou non, sont même tels, que non-seulement l'aspect primitif des cellules est singulièrement changé, mais qu'en outre ces dernières sont perdues en quelque sorte dans la masse de ces prolongements, au sein de laquelle on ne les retrouve plus que disséminées comme parties accessoires, ou même plus du tout, comme dans toute la substance blanche cérébro-spinale.

Mais indépendamment de cette complication des cellules par production évolutive de dépendances de leur corps qui s'étendent à l'extérieur de l'élément, il en est d'autres, sinon plus considérables du moins plus multipliées, qui se produisent souvent dans leur intérieur. Ce ne sont pas seulement le noyau et son nucléole, la paroi propre pourvue ou non de cils, des granules de nature azotée, grasseuse, amylacée, mélanique ou d'autres principes colorants, etc., qui peuvent naître dans des cellules qui primitivement en étaient dépourvues. Sur beaucoup d'animaux unicellulaires ce sont une ou plusieurs vésicules contractiles, de véritables fibrilles musculaires distinctes du reste de la masse cellulaire, certaines cloisons différentes des autres parties du corps, etc., comme sur plusieurs espèces d'infusoires, les Grégarines, etc. Sur des animaux unicellulaires et sur des larves d'Helminthes encore unicellulaires, etc., ce peuvent être des stylets chitineux dépendant de la paroi propre même.

Ce sont des phénomènes peut-être encore plus compliqués que ceux qui s'observent sur les animaux unicellulaires, qu'on peut suivre lors de la formation des faisceaux striés des muscles; là, en effet, on voit successivement se produire la soudure de plusieurs cellules avec genèse des fibrilles striées ayant lieu de la périphérie vers l'axe du cylindre avec délimitation de plus en plus nette de celles-ci, dont la multiplication graduelle amène l'augmentation d'épaisseur des faisceaux, en même temps que la longueur de chacune des fibrilles est telle qu'elles s'étendent de l'une à l'autre des cellules réunies au début pour la formation d'un seul faisceau.

Non-seulement ici, comme dans les êtres précédents, a lieu la genèse de ces fibrilles dont la constitution individuelle par

des parties alternativement claires et foncées est très-complexe, mais encore une matière de constitution et de réactions différentes se forme entre elles; sans compter que le noyau de chacune des cellules soudées se segmente plusieurs fois successivement dans l'axe du faisceau, et qu'une tunique propre (myolemme) se produit en même temps autour de ce dernier sur toute sa longueur.

Notons du reste que l'observation montre que dans l'apparition intrinsèque de ces diverses parties, des fibrilles musculaires par exemple, dont le nombre va continuellement en augmentant, il ne s'agit nullement de la simple mise en évidence ou différenciation de particules préformées. Pour ces fibrilles, etc., il s'agit de l'apparition par genèse de parties qui quelques instants auparavant n'existaient pas. Ce fait, du reste, n'a rien de plus exceptionnel que celui de la genèse d'un noyau dans les cellules qui en manquaient, d'un nucléole dans les noyaux jusque-là non nucléolés, phénomènes depuis longtemps observés et décrits, mais niés théoriquement et réintroduits, comme nouveaux, dans la science sous les noms de *différenciation endogène* et autres.

CHAPITRE II

DE L'ORIGINE DES CELLULES

Sur chaque animal et chaque végétal pris individuellement, les premières cellules dérivent directement de la segmentation progressive du vitellus ovulaire; mais celles-ci ne suffisent pas à la production de la totalité des éléments anatomiques qui doivent exister. On voit apparaître graduellement des éléments pendant toute la durée de l'évolution fœtale et extra-ovulaire, alors que depuis longtemps toutes les cellules de provenance vitelline ont été utilisées, si l'on peut dire ainsi. Ces éléments d'apparition tardive par rapport aux premiers qui se sont développés, ne dérivent pas directement de ceux-ci, n'ont pas de lien généalogique substantiel avec ceux-ci. Ils apparaissent pourtant sous forme de cellules, mais celles-ci ne sont pas semblables aux cellules de provenance vitelline, bien que pour arri-